

AUS DER HALS-, NASEN- UND OHRENKLINIK DER
JOHANNES GUTENBERG-UNIVERSITÄT MAINZ
(Direktor: Prof. Dr. H. Leicher)

UNTERSUCHUNGEN VON HIRNERKRANKUNGEN
MIT DEM RICHTUNGSHÖREN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität zu Mainz

vorgelegt von

HEINRICH WELKER

aus

Nack / Kreis Alzey

1959



Dekan: Prof. Dr. H. Leicher
Referent: Priv. Doz. Dr. J. Matzker
Korreferent: Prof. Dr. H. Leicher
Tag der mündlichen Prüfung: 25. 11. 1959

Datum des Diploms

25. NOV. 1959

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ERSTER TEIL	
1. Einleitung	1
2. Zerebrale Hörprüfungen	2
3. Das Richtungshören	3
4. Die Erzeugung binauraler Laufzeitdifferenzen mit Beschreibung einer Versuchsanordnung	5
ZWEITER TEIL	
Die Prüfung des Richtungshörens bei Hirngesunden der verschiedenen Altersklassen mit graphischer Darstellung der Befunde im "Richtungsband"	7
1. Versuchsanordnung	7
2. Vorbemerkungen zur Verwendung reiner Töne bei der Prüfung des Richtungshörens	7
3. Das Richtungsband	8
4. Gang der Untersuchung	9
5. Die Einteilung der Versuchspersonen	11
6. Die Versuchsergebnisse der verschiedenen Altersgruppen. . .	11
a) Gruppe 1	11
b) Gruppe 2	12
c) Gruppe 3	12
d) Gruppe 4	12
e) Gruppe 5	12
7. Erklärungen zu den Versuchsergebnissen	13
8. Intelligenz- und Richtungsgehörprüfung	16

DRITTER TEIL

Die Prüfung des Richtungshörens bei Erkrankungen des peripheren und zentralen Hörorgans	17
1. Periphere Schwerhörigkeit	17
2. Vorbemerkungen zur Anwendung des Richtungshörens in der cerebralen Diagnostik	19
3. Das pathologische Richtungsband bei Hirnerkrankungen	20
4. Erklärungen zu den pathologischen Richtungsbandern	26
Zusammenfassung	30
Schrifttum	35

ERSTER TEIL

1. Einleitung

Jeder Weg, die audiologische Diagnostik von Hirnerkrankungen zu verbessern, wird sowohl von der Otologie, als auch von der Neurologie und Neurochirurgie begrüßt werden. Zu solchen neuen Wegen zählt das in dieser Richtung geschilderte Verfahren: nämlich das Richtungshören, speziell das Richtungshören bei reinen Zeitdifferenzen zwischen rechtem und linkem Ohr, für die Erkennung zerebraler Erkrankungen dienstbar zu machen.

Nach übereinstimmender Ansicht ist die Fähigkeit des Richtungshörens an den Hirnstamm, evtl. auch an die Hirnhemisphären gebunden (Ranke, Galambos, Matzker u.a.). Bei Abfassung dieser hier vorliegenden Arbeit und bei Durchführung der dazu nötigen Untersuchungen war noch kein erwähnenswerter Versuch, das Richtungshören diagnostisch in diesem Sinne nutzbar zu machen, bekannt geworden. Nachträglich ist uns die Arbeit von Sanchez-longo und Forster aus Amerika bekannt geworden; diese beiden Autoren haben mit Geräuschen in Raumhörversuchen festgestellt, daß bei Schläfenlap-pentumoren eine Verschiebung des Richtungshörens zur Gegenseite hin erfolgte. Bei Erkrankungen der anderen Hirnpartien haben sie keine entscheidenden Änderungen des Richtungshörens feststellen können. Auch Arnold hat seinerzeit auf die Möglichkeit hingewiesen, auch das Richtungshören für die zentrale Hördiagnostik zu nutzen. Aber diese genannten Arbeiten stellen einen ersten Versuch dar, der durch die Benutzung der Raumakustik eine Menge von Fehlerquellen in Kauf nehmen mußte, außerdem eben nur mit Geräuschen, also sehr komplexen, nicht näher definierbaren Schallen breiter Frequenzgemische arbeitete.

Unsere hier vorgestellte Untersuchungsmethode stützt sich dagegen auf Richtungseffekte, die bei ausschließlichen Laufzeitunterschieden zwischen beiden Ohren auftreten, Laufzeitunterschieden, die unter Ausschaltung aller Intensitätsunterschiede elektrisch erzeugt werden und genau zu berechnen sind. Die mit dieser Untersuchungsmethodik bisher gewonnenen Ergebnisse erlauben in einer großen Zahl von Fällen, und zwar nicht nur von Schläfenhirnerkrankungen, sondern auch Veränderungen anderer Hirnabschnitte, topische Hinweise zumindest auf die Seite der Erkrankung zu gewinnen. In Kombination mit den Tongehörsuntersuchungen, sowie dem von Matzker angegebenen Binauraltest erweitert diese

Untersuchung des Richtungshörens somit ganz entscheidend die Skala unserer bisher klinisch erprobten Hörtests, die der Diagnostik zerebraler Erkrankungen dienen.

2. Zerebrale Hörprüfmethoden

Die allgemeinen Höruntersuchungen (Sprachgehörsprüfung, Schwellenaudiogramm, überschwellige Hörtests) versagen meist bei der Diagnostik zentraler Hörstörungen. Zudem sind ihre Aussagen in keinem Falle verbindlich für nur eine zerebrale Hörstörung, sondern können immer gleichzeitig auch auf eine periphere Störung (Innenohr, Hörnerv) hinweisen. Wie Matzker mehrfach betont hat, bedarf die zerebrale Hördiagnostik unbedingt neuer Methoden, um eine Unterscheidung zwischen peripheren und zerebralen Hörstörungen möglich zu machen.

Verschiedene Methoden sind in den letzten Jahren entwickelt und erprobt worden, um diese diagnostische Lücke zu schließen. Zunächst handelt es sich dabei um eine große Gruppe von Tests, die lediglich eine unspezifische Erschwerung der Testsprache benutzen, um latent gebliebene, zerebrale Hörleistungsschwächen sichtbar werden zu lassen. Der Hirngesunde und der jugendliche Mensch vermögen in weit größerem Ausmaß eine solche erschwerte Testsprache zu erkennen und zu verstehen, als etwa ein Hirnkranker oder ein Greis. Im einzelnen wurden folgende Methoden angegeben:

1. Die verstümmelte Sprache. Hierbei wurden alle Frequenzen oberhalb 500 Hz abgefiltert, so daß nur eine recht schwer verstehbare, aus tiefen Frequenzen zusammengesetzte Testsprache übrigbleibt.
2. Die unterbrochene Sprache. Hier wird jeweils ein kleiner Teil aus dem Sprachfluß herausgeschnitten, in Frequenzen von 1/sec bis zu 50/sec.
3. Die akzelerierte Sprache. Die Sprechgeschwindigkeit wird hier maschinell erheblich beschleunigt.
4. Die Testsprache bei gleichzeitig erklingender Störsprache.
5. Die verstümmelten Logotome, die zu sinnvollen Wörtern ergänzt werden müssen.

Alle diese Prüfungen bringen beim Hirnkranken und beim Greis einen in mehr oder weniger starkem Maße pathologischen Testausfall. Sie weisen jedoch immer nur unspezifisch auf eine Hirnleistungsschwäche hin, ohne Genaueres über Art und Sitz der Störung aussagen zu können.

Eine weitere Gruppe solcher speziell zerebraler Hörtests besteht in Untersuchungsmethoden, die binaurale Effekte benutzen. Diese Tests können schon

weit mehr aussagen; so läßt sich durch einige solcher Untersuchungen der Hirnstamm besonders beurteilen. Es handelt sich hier um folgende Hauptmethoden:

1. Die alternierende Sprache. Hier wird die Testsprache schnell wechselnd rechts und links verabfolgt. Aus der Schnelligkeit und dem Sprachverständnis kann auf den zerebralen Apparat, wahrscheinlich hier den Hirnstamm, geschlossen werden.
2. Die binaurale Summation und Integration von Bocca. Hier wird auf das eine Ohr eine verstümmelte Sprache (Frequenzen ab 500 Hz herausgefiltert) gegeben, während das andere Ohr eine normale Sprache unterschwellig leise zu hören bekommt. Auch hier lassen sich bei Hirnkranken wertvolle Schlüsse aus dem pathologischen Testausfall ziehen, die insbesondere auf die Hirnrindenfunktion hindeuten scheinen. Auch gewisse Angaben über die Seite der mutmaßlichen Hirnerkrankung, insbesondere bei Schläfenlappentumoren, lassen sich hieraus ableiten.
3. Der Binauraltest nach Matzker. Er scheint wiederum die Hirnstammschaltungen zu untersuchen. Er besteht aus zwei schmalen Frequenzbändern der Testsprache, deren jedes für sich allein unverständlich ist, beide zusammen jedoch eine annähernd normale Verständlichkeit ergeben. Auch hier läßt sich aus dem Testausfall auf eine Hirnerkrankung schließen, jedoch ohne Möglichkeit einer Lokalisation.

3. Das Richtungshören

Nach den bisher bekannten Tatsachen zweifelt niemand mehr an der wichtigen Rolle des Hirnstammes für das Zustandekommen des Richtungshörens. Zwar hat Neff gefunden, daß Versuchstiere nach Hirnrindenablation eine achtmal größere Fehlerbreite beim Richtungshören aufweisen als vorher, doch zeigen wiederum die Angaben Tunturis, daß auch ohne Hirnrinde beim Versuchstier noch ein ausgezeichnetes Richtungshören erhalten ist. Neuerdings deuten auch elektrophysiologische Untersuchungen (Galambos) auf die Lokalisation der Richtungshörfähigkeit im Hirnstamm hin, wobei, wie Matzker kürzlich mitgeteilt hat, den efferenten Hörbahnfasern eine bedeutende Rolle zukommt.

Aus den Versuchen am Menschen, auch unseren eigenen Experimenten, geht hervor, daß bei den meisten Schallreizen (Geräuschen, Klängen, sogar vielen reinen Tönen) bereits ein Zeitunterschied von weniger als einer Fünfzigtausendstel Sekunde zwischen beiden Ohren genügt, um nicht mehr einen

Mitteneindruck, sondern bereits einen geringgradigen Seiteneindruck zustande kommen zu lassen.

Bisher wurden hauptsächlich drei Theorien diskutiert, nach denen das Richtungs-hören im Gehirn zustande kommen soll.

1. Die Zeitdifferenztheorie,
2. die Intensitätsdifferenztheorie und
3. die Phasendifferenztheorie.

Die Zeitdifferenztheorie, begründet von v. Hornbostel und Wertheimer in den letzten Jahren des ersten Weltkrieges, ist ohne Zweifel die wichtigste und stichhaltigste dieser Theorien. Sie besagt, daß entsprechend dem durchschnittlichen Ohrabstand von 21 cm ein Schall immer mit einer Zeitdifferenz auf die beiden Ohren einfällt, sofern die Schallquelle nicht genau in der Medianebene des Kopfes lokalisiert ist. Je größer die Zeitdifferenz, desto mehr seitlich wird die Schalleinfallrichtung empfunden. Bei der maximalen Differenz von etwas mehr als 0,6 msec, der sog. Hornbostel-Wertheimer'schen Konstante, kommt ein maximaler Seiteneindruck zustande; der Schall wird dann also von 90 Grad seitlich gehört. Wird die Zeitdifferenz größer, so bleibt dieser Seiteneindruck zunächst erhalten, bis bei etwa 2 msec Unterschied schließlich ein Auseinanderfallen in zwei verschiedene Schallbilder auftritt, also kein Richtungseindruck mehr zustande kommt.

Die Intensitätsdifferenztheorie nimmt an, daß die beiden Ohren einen Schallreiz nie genau gleichlaut hören, es sei denn, der Schall käme wiederum aus der Mittelebene des Kopfes. Schallschatten des Kopfes und der Ohrmuschel ermöglichen somit wiederum eine Seitenrichtungsbestimmung, darüber hinaus aber auch noch eine Unterscheidung zwischen vorn und hinten, evtl. auch oben und unten. Die Intensitätsunterschiede müssen jedoch mindestens 20 dB betragen, um zu einem Richtungseindruck zu führen, also ziemlich erheblich sein.

Die Phasendifferenztheorie schließlich, begründet 1905 von Lord Raleigh, nimmt an, daß das Gehirn in der Lage sei, Phasenverschiebungen als solche wahrzunehmen und in einen Richtungseindruck umzuwandeln. Da die Schwingungsphase für jede Frequenz eine andere ist, muß bei einem bestimmten Schalleinfallwinkel auch die Phasendifferenz für jede Frequenz eine andere sein. Allein diese Tatsache macht die Phasendifferenztheorie sehr unwahrscheinlich. Ein anderer Einwand erhebt sich aus der Annahme der Phasendifferenztheorie, nur bis zu 800 Hz würden reine Töne durch die Phasenunter-

schiede in ihrer Richtung erkannt; höhere Frequenzen dagegen könnten nur an der Intensitätsdifferenz geortet werden. Auch eine solche Beschränkung einer Hörtheorie auf

1. bestimmte Schalle (reine Sinustöne) und
2. bestimmte Schallfrequenzen

widerspricht den allgemeinen Erfahrungen aus der Sinnesphysiologie, in der solche Zäsuren niemals gemacht oder beobachtet werden. Schließlich sprechen unsere eigenen Versuchsergebnisse, sowie die völlig differenten Angaben in der Literatur (Ranke, Stevens und Davis, Menzio, Fletcher, Christian und Röser) gegen die Richtigkeit dieser sog. Phasendifferenztheorie. Matzker hat sich mit dieser Problematik eingehend auseinandergesetzt.

4. Die Erzeugung binauraler Laufzeitdifferenzen mit Beschreibung einer Versuchsanordnung

Auf welche Weise die geringen Laufzeitdifferenzen zwischen rechtem und linkem Ohr erzeugt werden, ist nicht von entscheidender Bedeutung. Man kann sie auf verschiedene Weise zustandekommen lassen. Dabei bietet die beste Möglichkeit, gewisse Fehlerquellen sofort auszuschalten (Klangfarbenveränderung, Intensitätsunterschiede, Echowirkung durch Raumakustik) das Arbeiten mit elektrisch erzeugten und somit genau messbaren Zeitdifferenzen.

Die von Matzker und E. Springborn benutzte Apparatur zur Erzeugung kleinster Laufzeitdifferenzen soll nun beschrieben werden, da sie auch in dieser Arbeit eine ähnliche Anwendung findet. Die ganze Versuchsanordnung setzt sich aus einem sogenannten Neurotestgerät, zwei Kopfhörern und einer elektrischen Verzögerungskette zusammen. Das Neurotestgerät erzeugt elektrische Stöße, die in Form von Knackgeräuschen hörbar gemacht werden. Mit einer Lautstärke von etwa 50 dB werden diese in die zwei Kopfhörer geschickt. Zwischen Neurotestgerät und Kopfhörer wird eine elektrische Verzögerungskette von 36 Gliedern geschaltet, mit deren Hilfe die kleinen Laufzeitdifferenzen erzeugt werden. Auch bei den von uns unternommenen Richtungshörprüfungen wird diese Kette benutzt. Eine Drehschaltung erlaubt es, die 36 Glieder der Kette variabel einzuschalten, so daß je nach Wunsch die Laufzeit des Impulses auf dem rechten oder auf dem linken Ohr verzögert wird. Das einzelne Glied der elektrischen Verzögerungskette setzt sich aus einer Spule (Induktivität beträgt 36 Henry) und einem Kondensator (Kapazität beträgt 9000 pF) zusammen. Der Gesamtwiderstand der Kette errechnet sich auf 9000 Ohm. Zieht man die Wurzel aus dem Produkt von Induktivität und Kapazität, so ergibt sich die zeitliche

Verzögerungskomponente eines jeden Gliedes. (Wurzel aus $36 \times 10^{-6} \times 9000 \times 10^{-12} = 18 \times 10^{-6}$). Das Ergebnis dieser Rechnung weist somit für jedes einzelne Glied eine Laufzeitverzögerung von 0,018 msec nach; die Maximalverzögerung beträgt 0,648 msec.

Die Laufzeitdifferenzen lassen sich durch Drehung am Schaltknopf der Kette beliebig ändern. Eine Zeitdifferenz zwischen den auftreffenden Schallreizen tritt nicht ein, wenn auf den Skalennullpunkt eingestellt wird. In diesem Falle hört die Versuchsperson den Kopfhörerschall, der ja aus beiden Kopfhörern gleichlaut und zum genau gleichen Moment erklingt, auf beiden Ohren völlig symmetrisch; das entspricht einem Mitteneindruck. Wird dagegen der Schallreiz auf dem einen Ohr gegenüber dem anderen zeitlich verzögert, so wandert der gehörte Schall scheinbar von der Mitte weg und zwar zur Seite des vom Schall zuerst getroffenen Ohres hin. Bei einer Laufzeitdifferenz von 0,648 msec besteht dann ein optimaler Seiteneindruck, so, als ob der Schall von links her käme, wenn das rechte Ohr verzögert gereizt wird, von rechts her, wenn das linke Ohr seinen Schallreiz später erhält.

Ob periphere Ohrerkrankungen und auch vor allem Hirnerkrankungen das physiologische zu einem pathologisch veränderten Richtungshören umwandeln, sollte durch unsere Untersuchungen näher geprüft werden.

ZWEITER TEIL

DIE PRÜFUNG DES RICHTUNGSHÖRENS BEI HIRNGESUNDEN DER VERSCHIEDENEN ALTERSKLASSEN MIT GRAPHISCHER DARSTELLUNG DER BEFUNDE IM "RICHTUNGSBAND"

1. Versuchsanordnung:

Wir verzögerten mit der elektrischen Kette die Töne eines serienmäßigen Audiometers (Peters SPD 3) und machten sie auf Kopfhörern in gleicher Lautstärke bei variabler Verzögerung hörbar. Durch die speziellen Eigenschaften der Kopfhörer kommt es zu gewissen Verzerrungen der Sinuskurve, während die Amplituden kaum beeinflusst werden. Die Verzögerungskette selbst führt zu keinerlei Verzerrungen. (Siehe Tabellen am Schluß der Arbeit.)

2. Vorbemerkungen zur Verwendung reiner Töne bei der Prüfung des Richtungshörens

Die meisten Versuche über das Richtungshören wurden bisher mit Geräuschen unternommen. In den folgenden Untersuchungen kommen dagegen nur reine Töne einer ganzen Frequenzskala von 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 und 10 000 Hz bei der Prüfung des Richtungshörens zur Anwendung. Werden diese Frequenzen dem menschlichen Ohr als Dauertöne angeboten, so wird ab etwa 800 - 1000 Hz die Schalllokalisation schwierig oder unmöglich. Bei 125, 250 und 500 Hz ist dagegen immer möglich, einen Richtungseindruck zu gewinnen. Jedoch gibt es hierbei größere Abweichungen im Hinblick auf den Schalleinfallswinkel. Christian und Röser erklären das Richtungshören mit reinen Tönen vorwiegend mit der Phasendifferenztheorie. Bei ihren Untersuchungen glauben sie gefunden zu haben, daß bei einer Phasenverschiebung von 0 oder 180 Grad bei allen untersuchten Frequenzen ein Mitteneindruck resultiert, bei einer Phasendifferenz von 90 oder 270 Grad ein Seiteneindruck. Sie kommen zu dem Schluß: "Reine Töne können mittels Zeitdifferenzen oberhalb 800 Hz überhaupt nicht, darunter nur schlecht oder unrichtig lokalisiert werden".

Matzker hat neuerdings auf Grund eigener, entgegengesetzte Ergebnisse bringender Untersuchungen die Phasendifferenztheorie sehr in Frage gestellt, wenn nicht sogar widerlegt.

Dagegen gibt es ganz andere Bedingungen, wenn die Dauertöne in einzelne Tonimpulse zerlegt werden. Wir haben bei unseren Untersuchungen die Prüftöne 8-mal/sec im Verhältnis 1:1 zerhackt, so daß also jeder Einzelimpuls

1/16 sec Dauer hat. Solche Kurztöne werden bei elektrisch erzeugten Laufzeitdifferenzen in allen Frequenzen tadellos lokalisiert. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß das unvermeidliche geringe Knacken bei der Zerschlagung besonders der hohen Frequenzen einen Einfluß auf das Richtungshören haben kann. Wahrscheinlich verwertet das Ohr nicht nur die reinen Sinusschwingungen, sondern auch den nie ganz zu eliminierenden kleinen Knack beim Einsatz des Tones für das Schallrichtungshören. Es ist bisher praktisch unmöglich, fast rechteckig verlaufende Amplitudenmodulationen von 0 bis zur vollen Amplitude vollkommen knackfrei zu bekommen.

Es steht also fest, daß auch hohe Töne vom Menschen richtungsmäßig lokalisiert werden können. Diese Ergebnisse sprechen gegen die Phasendifferenztheorie. Sie erlauben, auch das Richtungshören reiner, kurz unterbrochener Töne mit der Zeitdifferenztheorie allein zu erklären.

3. Das Richtungsband

Die graphische Aufzeichnung der Versuchsergebnisse geschieht in einem eigens dafür entwickeltem sogenannten "Richtungsband" (Abb. 1). In diesem Schema entspricht die Abszisse derjenigen des Schwellenaudiogramms, auf der die Frequenzen 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 10 000 Hz durch senkrechte Striche gekennzeichnet sind. Von der Nulllinie aus sind auf der Ordinate nach jeder Seite 14 Grad aufgetragen. Ein Abweichen des subjektiven Mitteneindrucks nach der Seite wird aufgezeichnet durch eine entsprechende Verschiebung nach rechts (obere Bildhälfte) oder links hin (untere Bildhälfte). Die Grade 1-14 geben die wachsende Laufzeitdifferenz an (vgl. Tab. 1).

Um einen ganz schwachen Seiteneindruck hervorzurufen, muß eine Zeitdifferenz von mindestens 0,018 msec vorhanden sein. Steht der Zeiger auf 14 Grad rechts so beträgt die Laufzeitdifferenz 0,648 msec. Der Ton wird dabei genau lateral gehört. Der achtmal in der Sekunde unterbrochene Tonreiz hat zwar auf beiden Ohren die gleiche Lautstärke, setzt aber mit seiner Wahrnehmung rechts um den Bruchteil einer Millisekunde früher ein. Hört das linke Ohr z. B. den Ton eher als das rechte Ohr, so liegt die Schallquelle scheinbar mehr links von der Versuchsperson und zwar um so mehr nach links, je größer die Zeitdifferenz geworden ist. Bei allen Versuchspersonen wird bei der Prüfung des Richtungshörens der Mitteneindruck für sämtliche Frequenzen, die im Richtungsband aufgezeichnet sind, bestimmt.

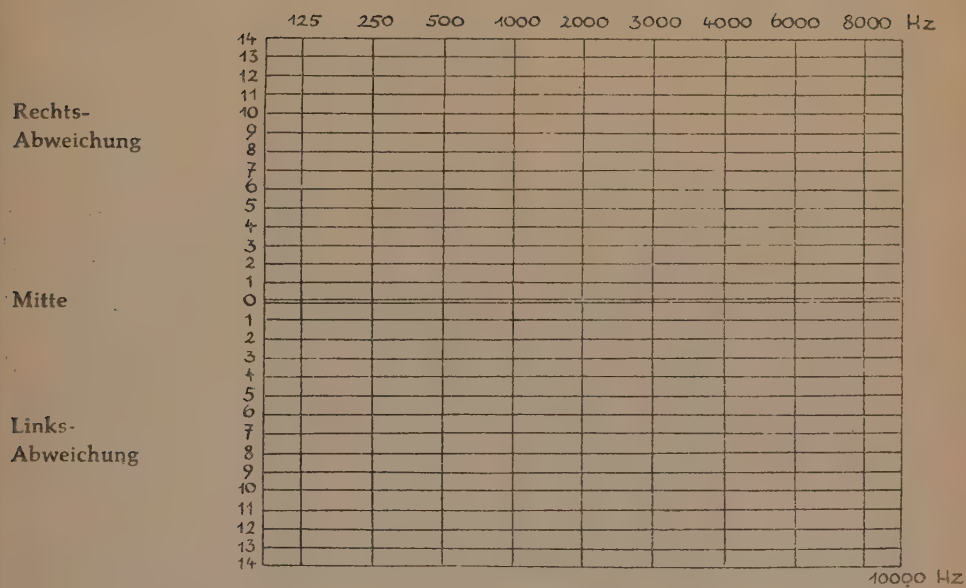


Abb. 1

Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

Grad	1 entspricht	0,018 msec.	Laufzeitdifferenz
2		0,036	
3		0,054	
4		0,072	
5		0,108	
6		0,144	
7		0,180	
8		0,234	
9		0,288	
10		0,342	
11		0,414	
12		0,486	
13		0,558	
14		0,648	

Unter dem Mitteneindruck verstehen wir jenen Bereich, der keinen Richtungseindruck nach einer Seite gestattet; alle Töne werden dabei von dem Hörenden in die Medianebene des Kopfes lokalisiert. Die Laufzeitdifferenz zwischen rechtem und linkem Ohr scheint subjektiv aufgehoben. Tatsächlich wird dieser Zustand bei Teilstrich Null der Skala erreicht. Bei einem guten Richtungshören ist diese Zone des Mitteeindrucks sehr schmal und verläuft über der Nulllinie, als ein schmales "Band". Bei gestörtem Richtungshören wird dieses Band zunehmend breiter, um schließlich das ganze Feld von 14 Grad rechts bis 14 Grad links einzunehmen; in einem solchen extremen Fall ist das Richtungshören (sprich: die Wahrnehmung der Laufzeitdifferenz) praktisch aufgehoben.

Das bei der Untersuchung erhaltene, schraffiert gezeichnete Richtungsband ermöglicht somit in anschaulicher Weise einen Einblick in das Richtungshörvermögen der betreffenden Versuchsperson. Handelt es sich dabei um ein schmales Band über der Nulllinie, so ist die Schalllokalisation voll intakt. Wird dagegen das Richtungsband erheblich breiter und weicht etwa nach einer Seite hin zunehmend ab, so muß die Fähigkeit der Richtungswahrnehmung für die einzelnen Frequenzen gestört sein.

4. Gang der Untersuchung

Der eigentlichen Untersuchung des Richtungshörens geht stets eine Hörprüfung voraus. Zuerst wird eine Sprachgehörprüfung vorgenommen und anschließend ein Schwellenaudiogramm (Luft- und Knochenleitung) angefertigt.

Nachdem der Versuchsperson genau erklärt worden ist, worauf sie zu achten hat, wird ein Ton mittlerer Frequenz angeboten; der automatisch achtmal in der Sekunde unterbrochen ist. Als Ausgangspunkt dient eine Zeigerstellung von 14 Grad rechts. Somit wird der Ton normalerweise auf der rechten Seite wahrgenommen. Anschließend wird langsam über Null nach 14 Grad links gedreht, um den Hörenden mit dem Wandern des Tones vom rechten zum linken Ohr über die Medianebene des Kopfes vertraut zu machen. Nach dieser kurzen Information kann die eigentliche Prüfung des Richtungsgehörs der Frequenzen 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 und 10 000 Hz beginnen.

Die ersten Probeversuche zeigen bei Anwendung der Töne in dieser Reihenfolge sehr bald Ermüdungs- und Adaptationserscheinungen. Das ist besonders von 1000 Hz an aufwärts festzustellen. Es ist daher zweckmäßig, abwechselnd immer einen Ton tiefer und dann einen hoher Frequenz zu untersuchen, und zwar immer nur von einer Seite her; die andere Seite, von 14 Grad aus bis zur Angabe des Mitteneindrucks wird erst getestet, nachdem zwischendurch ein anderer Ton geprüft wurde. Sinn dieser Maßnahme ist es, das Ohr nicht zu lange durch einen gleichbleibenden Reiz zu belasten und damit zu ermüden. Im übrigen werden jeweils nur 3 oder 4 Kurztonimpulse angeboten, die allein schon gut eine Richtungsbestimmung ermöglichen. Nach 15 sec Pause folgen erneut 3 - 4 Kurztöne, bei etwas verringerter Laufzeitdifferenz. Gibt die Versuchsperson zweimal hintereinander "Mitteneindruck" an, dann gilt diese Skaleneinstellung als Grenze des "Richtungsbandes" für diese bestimmte Frequenz und diese untersuchte Seite.

Auf die eben angedeutete Weise werden alle eingezeichneten Frequenzen unter ständigem Abwechseln zwischen hohen, mittleren und tiefen Tönen untersucht und die Untersuchungsergebnisse graphisch festgelegt. Durch Verbinden sämtlicher gefundenen Meßpunkte der Rechts- und Linksabweichung entsteht das Richtungsband der Versuchsperson.

Insgesamt dauert die Untersuchung etwa eine halbe Stunde. In gleichmäßigen Abständen eingelegten Pausen sind für die Erholung des Hörorgans unbedingt notwendig. Eine Wiederholung der Richtungsgehörprüfung ist jederzeit möglich. Ob sich dabei ein gewisser Übungseffekt des Richtungshörvermögens einzelner Frequenzen einstellt, bedarf noch der Untersuchung.

5. Die Einteilung der Versuchspersonen

Um einen genaueren Einblick in das Richtungshörvermögen in den verschiedensten Altersgruppen zu erhalten, betrachten wir im einzelnen die Ergebnisse der folgenden Personen:

Gruppe 1	6-bis	17 Jahre	15 Versuchspersonen
" 2	21	" 30	12
" 3	36	" 45	10
" 4	51	" 60	10
" 5	über	65	10

Die 57 Versuchspersonen waren normalhörende, hirngesunde Männer, Frauen und Kinder, die keine auffallenden Hördifferenzen zwischen rechtem und linkem Ohr aufwiesen.

6. Die Versuchsergebnisse der verschiedenen Altersgruppen (1).

a) Gruppe 1

Das Schwellenaudiogramm (Abb. 2) ist dem Alter entsprechend normal. Die Flüstersprache wurde bei allen Versuchspersonen aus 10 m gehört. Richtungsband (Abb. 2): Ein schmales Band, das höchstens bis 1,5 Grad nach rechts und links von der Nulllinie abweicht. Der Bereich des Mitteneindrucks ist klein, und schon geringe Laufzeitdifferenzen genügen, um eine Rechts- oder Linksabweichung festzustellen. Dies spricht für ein gut funktionierendes Richtungsgehör.

Die untere Altersgrenze für eine derartige Untersuchungsmethode dürfte wohl 6 Jahre sein, da immerhin der Versuchsperson eine gewisse Leistung abverlangt wird. Bei einem Versuch versagte ein vierjähriger Junge mit altersentsprechender geistiger Entwicklung völlig, obwohl er ohne Schwierigkeit die Schwellenreizstärke im Audiogramm exakt angab. Dagegen bot der sechsjährige Junge ein für diese Altersgruppe entsprechend ausreichendes Richtungsband. Individuelle

-
- (1) Die Abbildungen von Schwellenaudiogramm und Richtungsband stellen die rechnerisch ermittelten Durchschnittswerte der jeweiligen Gruppe dar. Beim Audiogramm wurde auch die Knochenleitung (mit Ausnahme der Gruppe 1) geprüft. Sie ergab nichts Auffälliges und kann der besseren Übersicht wegen weggelassen werden. In allen Abbildungen ist die Luftleitungskurve des linken Ohres punktiert gezeichnet, die des rechten Ohres ausgezogen.

Schwankungen sind natürlich vorhanden. Eine Norm hinsichtlich der unteren Altersgrenze kann für das Gelingen der Richtungsgehörprüfung nicht einwandfrei festgesetzt werden. Die 14, 15 und 17-jährigen zeigen gegenüber der Gruppe 2 eine geringgradige Mehrabweichung. Diese Erscheinung liegt wohl in einer pubertätsbedingten Konzentrationsschwäche. Die 8 bis 12-jährigen sind leistungsmäßig der Gruppe 2 gleich zu stellen.

b) Gruppe 2

Das Schwellenaudiogramm (Abb.3) zeigt entsprechend dem leistungsfähigen Gehörorgan dieser Altersklasse günstige Werte. Die Flüstersprache wurde bei allen Versuchspersonen in 10 Meter Entfernung gehört. Richtungsband (Abb.3): Es weist die geringste Abweichung nach rechts, beziehungsweise links von der Nulllinie auf und stellt ein schmales Band dar. Hier fiel oft im Gegensatz zu allen anderen Gruppen der Mitteleindruck mit der Nulllinie zusammen.

c) Gruppe 3

Das Schwellenaudiogramm (Abb.4) läßt schon andeutungsweise entsprechend dem physiologischen Altersabbau des Gehörvermögens in den höheren Frequenzen eine leichte Abnahme erkennen. Die Flüstersprache wurde hier überall in 10 Meter Entfernung gehört. Richtungsband (Abb.4): Gegenüber der Gruppe 2 ist das Band bemerkenswert breiter geworden. Die mittlere Schwankebreite bewegt sich bei 500 Hz um rund 2 Grad nach rechts und links. Ab 1000 Hz steigt das Band wellenförmig an, liegt im Durchschnitt bei 3 Grad rechts und links von der Mittellinie und erreicht bei 10 000 Hz das Maximum von 3,3 Grad.

d) Gruppe 4

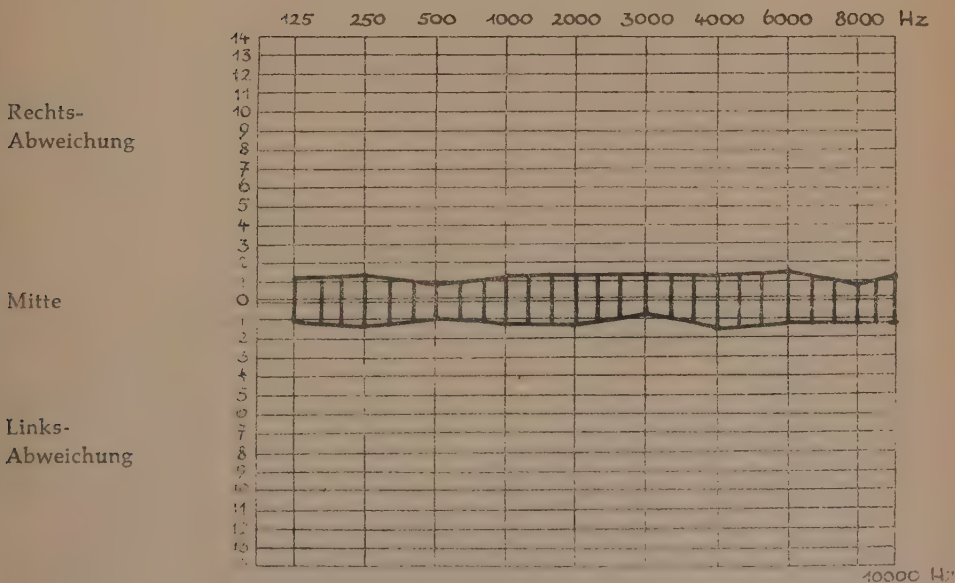
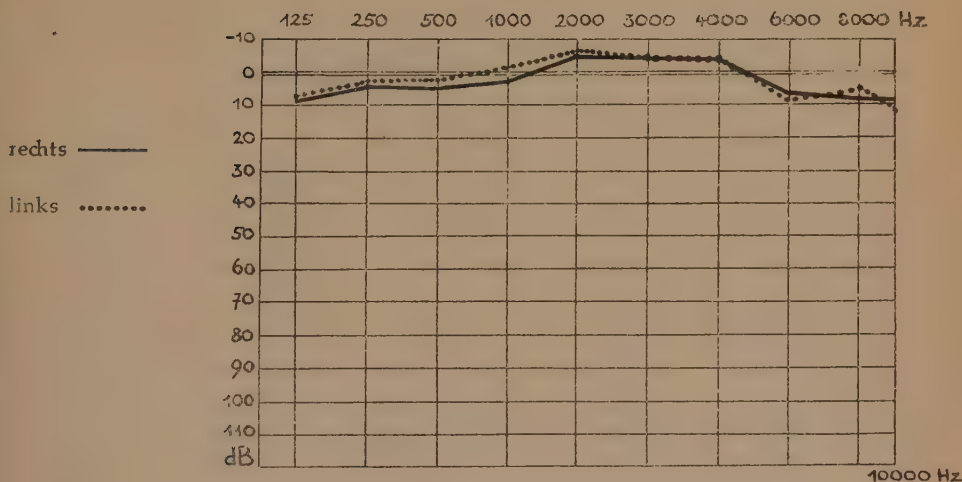
Das Schwellenaudiogramm (Abb.5) zeigt bei 2000 Hz einen steileren Abfall des Hörvermögens für beide Ohren und liegt bei 10 000 Hz ungefähr um 55 dB. Die Flüstersprachprobe ergab bei allen Versuchspersonen 10 Meter. Richtungsband (Abb.5): Gegenüber der Gruppe 3 ist das Band noch stärker verbreitert. Die Abweichungen nach links und rechts von der Nulllinie betragen bis 500 Hz durchschnittlich 3 Grad. Bei 1000 Hz wird das Band wiederum breiter, schwankt rechts um einen Durchschnittswert von 4,2 und links von 3,5 Grad. Der Maximalwert liegt rechts bei 800 Hz mit 4,6, links bei 10 000 Hz mit 4,2 Grad.

e) Gruppe 5

In dieser Altersgruppe war die älteste Versuchsperson ein 85-jähriger Mann.

Das Schwellenaudiogramm (Abb.6) bietet ein dem physiologischen Altersab-

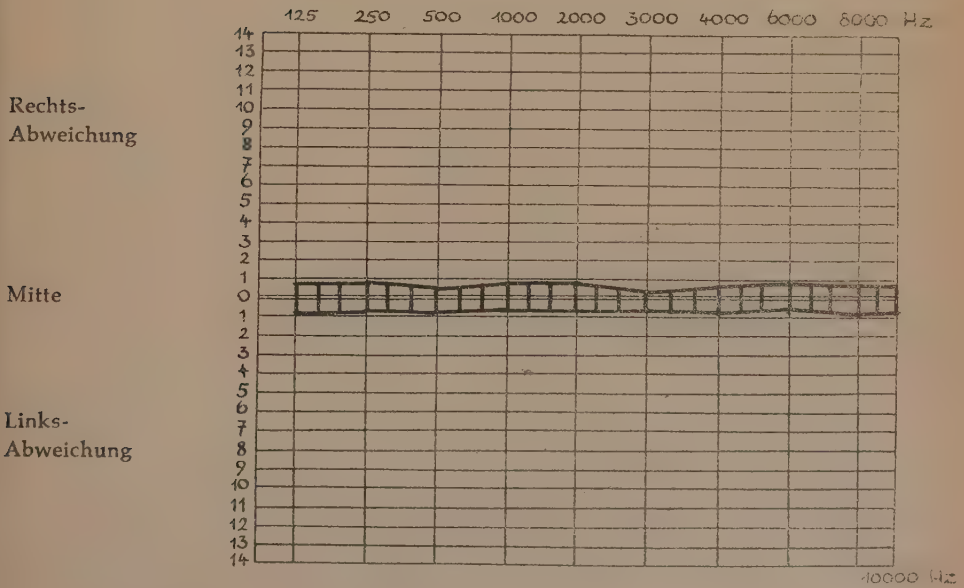
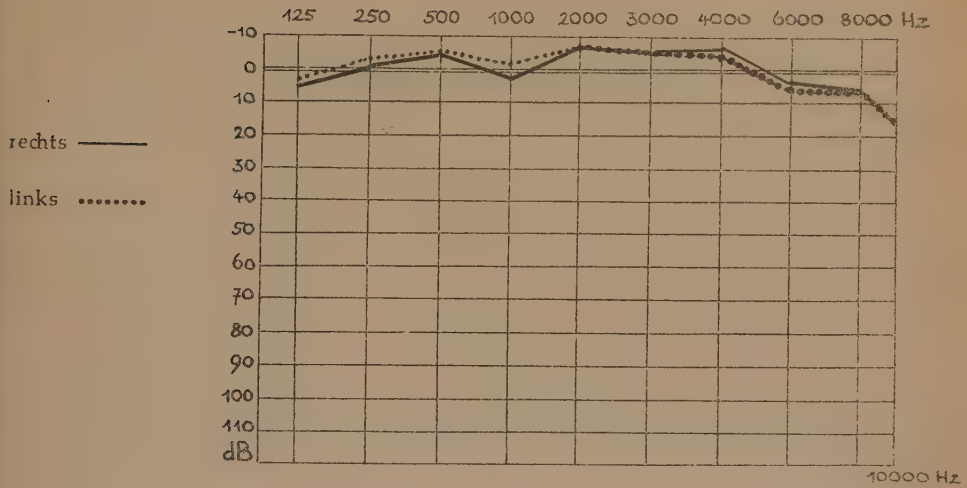
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

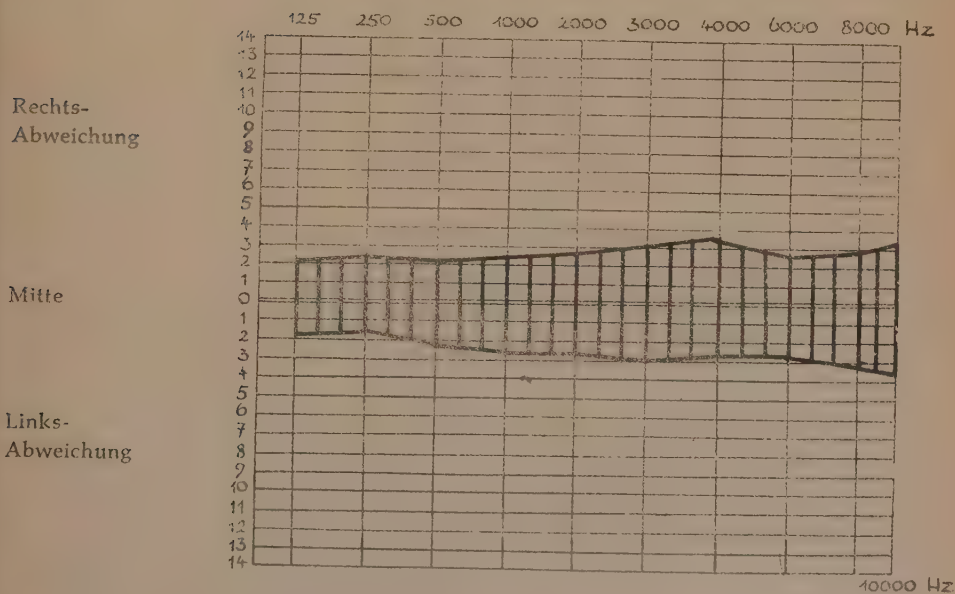
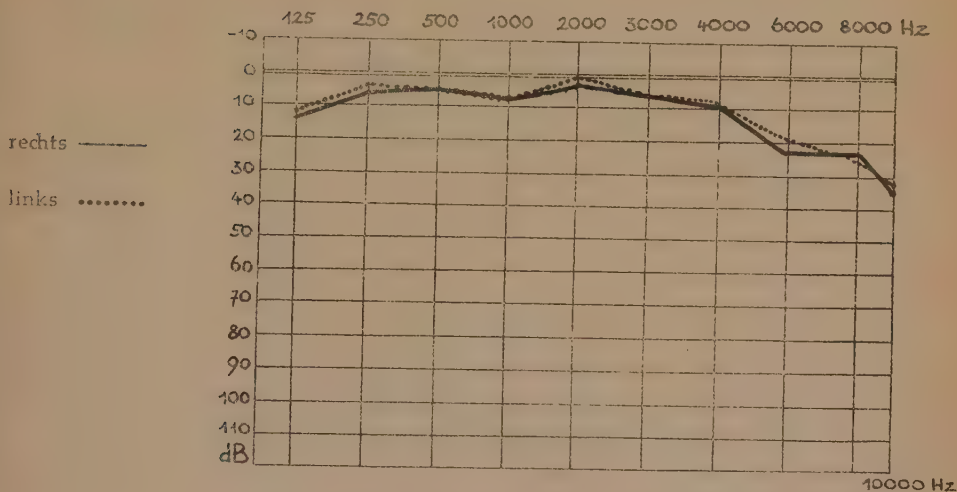
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

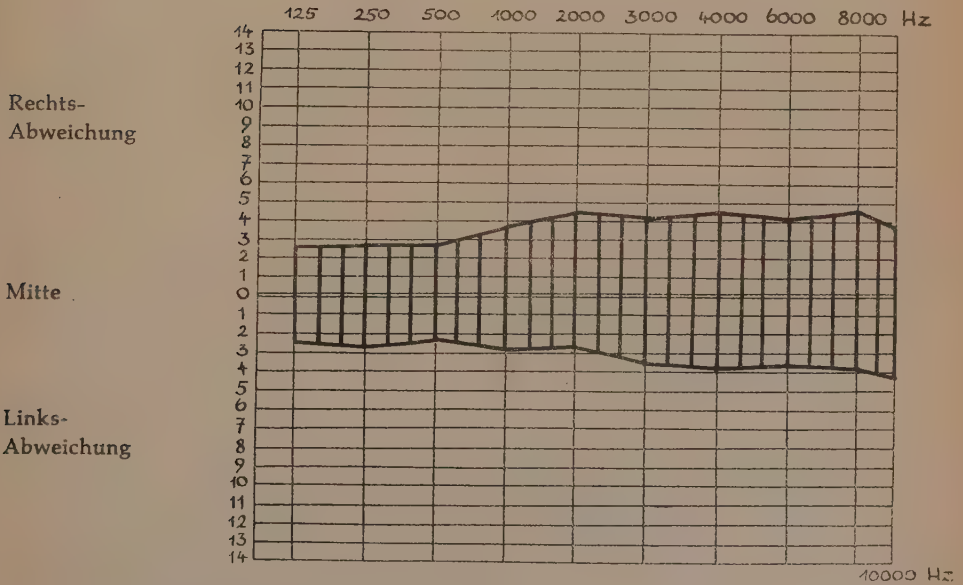
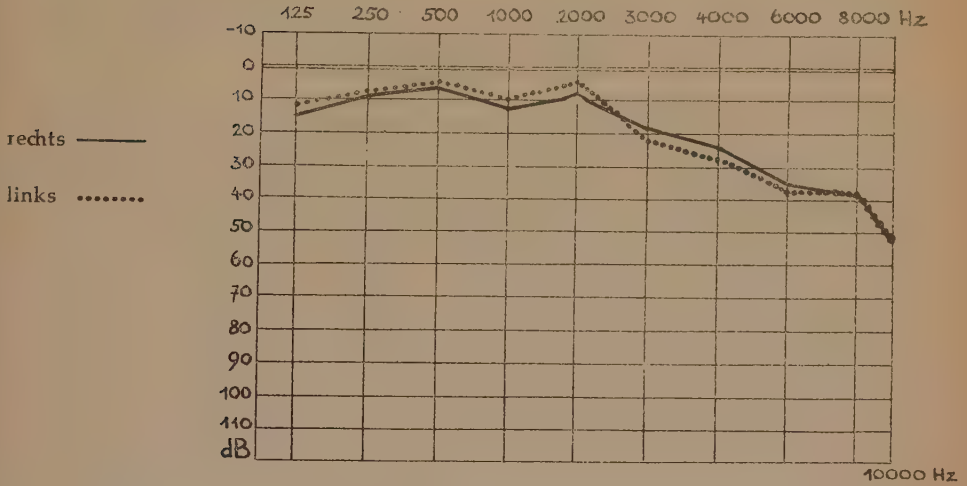
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

bau entsprechendes Bild, das besonders in den hohen Frequenzen einen deutlichen Hörverlust aufzeigt. Auch in dieser Altersgruppe wurden nur solche Versuchspersonen herangezogen, die ein für ihr Alter entsprechendes Gehör beider Ohren aufwiesen. Die Flüstersprachprobe lag durchschnittlich zwischen 8 bis 10 Meter.

Richtungsband (Abb. 6): Das Band dieser Gruppe bietet eine ganz erhebliche Verbreiterung gegenüber den übrigen Altersklassen. Eine schlechte Schalllokalisationsfähigkeit zumindestens gegenüber den Gruppen 1 bis 3 ist offensichtlich. Die Rechtsabweichung von der Nulllinie beträgt bei 125 Hz 2,7 Grad, steigt kontinuierlich bis 3000 Hz auf 7,3 Grad an, schwankt bis 8000 Hz um den Durchschnittswert 6,6 Grad und erreicht bei 10 000 Hz einen Maximalwert von 7,5 Grad. Die Linksabweichung beträgt bei 125 Hz 2,2 Grad, steigt ebenfalls kontinuierlich an, jedoch nur bis 3,9 Grad, um bei 3000 Hz den Maximalwert von 12 Grad zu erreichen. Dann nähert sich die Linkskurve von 3000 Hz bis 8000 Hz gleichmäßig dem Wert 7,8 Grad und steigt bei 10 000 Hz auf 8,1 Grad an.

Die Durchführung der Schalllokalisationsprüfung dieser Altersklasse war wesentlich schwieriger. Ermüdungserscheinungen treten viel früher auf, Fehlangaben häufen sich und müssen durch Versuchswiederholungen korrigiert werden. Die Untersuchung alter Menschen erfordert erheblich mehr Zeit als die jüngerer. Dennoch gelingt auch hier die Untersuchung über die vollständige Frequenzskala hin. Der 85-jährige Mann dieser Altersgruppe war ebenfalls der gestellten Aufgabe durchaus gewachsen.

7. Erklärungen zu den Versuchsergebnissen

Die vorausgegangenen Versuchsergebnisse gestatten anhand der einzelnen Richtungsbänder einen genaueren Einblick in die Fähigkeit der Schalllokalisation verschiedener Altersklassen. Sie zeigen deutlich, wie sich das Richtungsband mit dem Lebensalter der betreffenden Versuchsperson verbreitert. Die ersten beiden Lebensdekaden weisen ein vollintaktes, durchweg normalfunktionierendes Richtungsgehör auf. Eine ganz geringe Abnahme der Treffsicherheit scheint sich um das vierte Lebensjahrzehnt einzustellen. Sie wird zwischen 50 und 60 Jahren wesentlich stärker. Über das 65. Lebensjahr hinaus ist die Schalllokalisationswahrnehmung ganz erheblich gestört, und man könnte im Vergleich zu den anderen Richtungsbändern geradezu von einem pathologisch veränderten Ergebnis sprechen. Bereits J. Matzker und E. Springborn weisen in ihrer Arbeit: "Richtungshören und Lebensalter" auf diese Abhängigkeit des Rich-

richtungshörens vom Alter hin. Sie haben mit der bereits im Kapitel über die Erzeugung binauraler Laufzeitdifferenzen beschriebenen Versuchsanordnung 117 Hörgesunde aller Altersklassen getestet. Als Schallreiz haben sie für das Zustandekommen eines Richtungseindrucks kurz unterbrochene Knackgeräusche verwandt. Die damit erhaltenen Versuchsergebnisse zeigen eindeutig, wie die Fähigkeit des Richtungshörens mit höherem Alter immer schwieriger und ungenauer wird. Dies bestätigen auch die in dieser Arbeit erhaltenen Richtungsbänder der verschiedenen Altersklassen. Darüber hinaus zeigen sie, daß auch kurz unterbrochene Töne einer ganzen Frequenzskala von 125 bis 10 000 Hz für eine Prüfung des Richtungshörens mit Laufzeitunterschieden verwendet werden können.

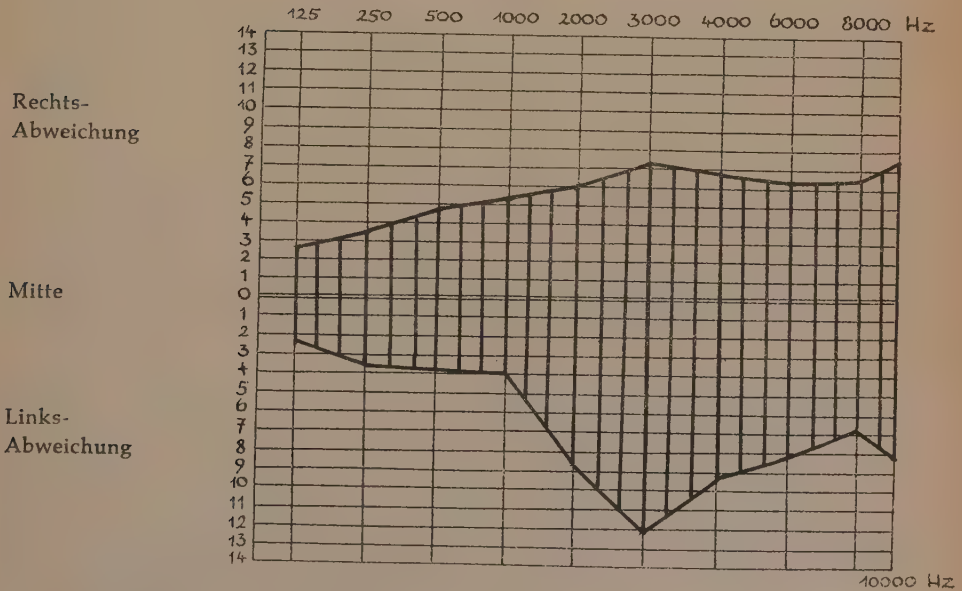
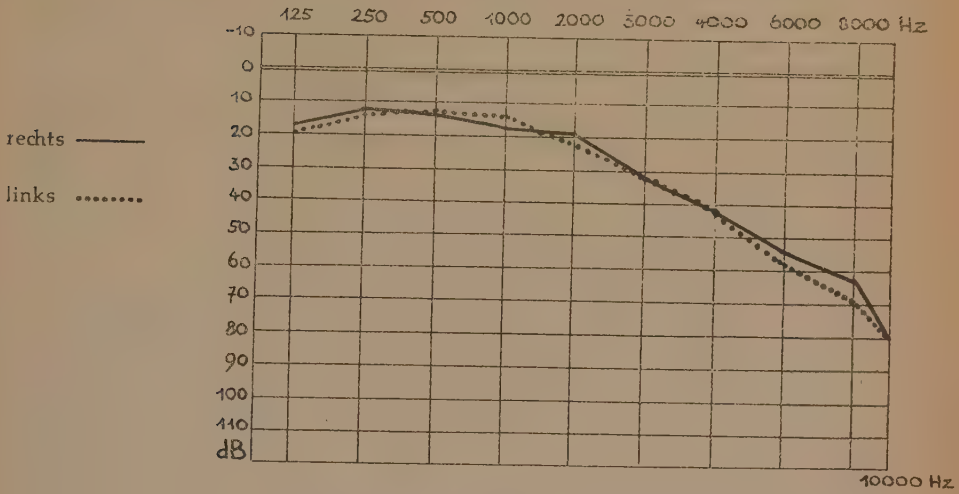
Aus den bisherigen Untersuchungsergebnissen über das Richtungshören kann geschlossen werden, daß für das Zustandekommen einer Schalllokalisationswahrnehmung ein gut funktionierender und gesunder cerebraler Hörmechanismus notwendig ist.

Die von E. König durchgeführten Untersuchungen über die Tonhöhenunterschiedsschwelle zeigen eine ähnliche altersbedingte Abhängigkeit. Der Einfluß des Alters auf eine cerebrale Hörfunktion, nämlich die Fähigkeit einzelne Tonhöhen bestimmter Frequenzen zu unterscheiden, ist hierbei ebenfalls ersichtlich. Dabei wird augenscheinlich, wie bereits schon um das 40. Lebensjahr eine Verschlechterung des Tonhöhenunterscheidungsvermögens für die Frequenzen 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000 und 4000 Hz einsetzt. Um das 70. Lebensjahr tritt eine relative Verschlechterung bis 300 % ein.

Der von Matzker entwickelte Binauraltest zeigt einwandfrei wichtige Einblicke in den zentralen Teil unseres Gehörorgans. Die Erklärungen dieser cerebralen Hörfunktionsprüfung und ihre Abhängigkeit vom Lebensalter lenkt das Augenmerk auf die Schaltzentren der zentralen Hörbahnkerne im Hirnstamm. Diese sind auch für den komplizierten Vorgang des Richtungshörens sehr wichtig.

Die Träger dieser Umschaltstellen in den Hörbahnkernen sind Ganglienzellen, das heißt also solche Zellen, die im Laufe des Lebens nie regeneriert werden können. Ihre Zahl wird mit dem allgemeinen physiologischen Altersabbau des gesamten Zentralnervensystems immer kleiner. Dies macht sich u. a. durch eine Leistungsminderung der cerebralen Hörfunktionen im höheren Lebensalter bemerkbar. (Z. B. entsprechende Fehlerzahl beim Untersuchen alter Menschen mit dem Binauraltest.)

Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

In einer Arbeit von Matzker: "Beruht die Altersschwerhörigkeit auf peripheren oder zentralen Veränderungen?" wird eine Gruppe hirngesunder Versuchspersonen über 65 Jahre dem Binauraltest zugeführt. Die Durchschnittsfehlerzahl war mit 27/ 18/ 21 Fehlern stark positiv (die Normalgrenze liegt bei 10 Fehlern; bereits ab 15 Fehlern ist der Test positiv). Dieses Ergebnis spricht für die angenommene und begründete Leistungsminderung cerebraler Funktion mit zunehmendem Alter. Dazu scheint auch das Richtungsband der Gruppe 5 eine Ergänzung zu liefern.

Desgleichen wird durch den Binauraltestausfall alter Menschen die Auffassung bestätigt, wonach die Altersschwerhörigkeit nicht nur auf einer peripheren, sondern im wesentlichen auf einer zentralen Degeneration beruht. Matzker führt auch den typischen Hörverlust besonders in höheren Frequenzen auf eine Demultiplikationsstörung zurück. Da aber mit dem Alter die für die Demultiplikation nötigen Schaltungsmechanismen im Hirnstamm infolge eingetretener Ganglienzellverluste wesentlich gestört werden, kommt es besonders in den höchsten Frequenzen zu einem deutlichen Hörverlust.

Ähnliche Überlegungen können auch bei der Betrachtung der einzelnen Richtungs-bänder angestellt werden. Hier ist zu bemerken, daß bis um das 30. Lebensjahr die ganze Frequenzskala einschließlich der hohen Töne gleich gut lokalisiert wird. Erst gegen Ende des 3. Lebensjahrzehnts tritt allmählich in den mittleren und vor allem höheren Frequenzen eine stärkere Beeinträchtigung der Schalllokalisation ein. Beim Betrachten des Richtungsbandes der Gruppe 5 wird deutlich, wie schwer es gerade alten Menschen fällt, in mittleren und besonders in hohen Frequenzen genauere Angaben zu machen. Auch dies könnte auf eine erschwerte Demultiplikation infolge eines altersbedingt gestörten Schaltungsmechanismus zurückzuführen sein; möglicherweise ist dies aber nur eine Folge des abgesunkenen Schwellengehört dieser Frequenzen, wodurch die zu beurteilenden Schallreize eben leiser gehört und schlechter lokalisiert werden.

Für das Richtungshören als eine cerebrale Funktionsprüfung dürften ähnliche Erklärungen, wie sie für den Binauraltest gegeben werden, gelten. In der Kindheit und bei jüngeren Menschen sind die für das Zustandekommen des Richtungsgehört verantwortlichen Hirnstammsynapsen infolge ihrer vollständigen Ganglienzellzahl am funktionstüchtigsten. Das zeigt die ausgezeichnete Treffsicherheit der Schalllokalisation der Gruppe 1 und 2 mit ihren schmalen Richtungsbandern. Bereits um das 40. Lebensjahr können die cerebralen Hörleistungen durch allmählich beginnenden Ganglienzellverlust geringgradig beeinträchtigt werden. Dies erweist das Richtungsband der Gruppe 3, das gegenüber der Gruppe 2 be-

reits breiter geworden ist. Im höheren Lebensalter wird diese Beeinträchtigung mit steigender Ganglienzellendegeneration erheblich größer. Diesen Untersuchungsbefund erhellen eindeutig das gegenüber dem der Gruppe 3 verbreiterte Richtungsband der Gruppe 4 und das sehr verbreiterte und teils verzogene Band der Gruppe 5.

Ausnahmen nach oben oder unten sind durchaus möglich. Eine größere Abweichung der einzelnen Richtungsbander, besonders der Gruppe 1 bis 4, muß jedoch als pathologisch angesehen werden. Ergibt die Prüfung des Richtungshörens z. B. bei einem 20-jährigen ein Richtungsband der Gruppe 5, so liegt mit großer Wahrscheinlichkeit eine Störung des Hörmechanismus im Hirnstamm vor.

8. Intelligenz und Richtungsgehörprüfung

Wie bei jeder höheren cerebralen Funktionsprüfung spielt auch hier naturgemäß eine gewisse individuelle Intelligenz eine Rolle.

Bei unseren Versuchspersonen fanden sich Menschen aus verschiedenen sozialen Stellungen und Berufen. Dabei hat sich gezeigt, daß die gesellschaftliche Einordnung der Menschen keine Rückschlüsse auf das Schalllokalisationsvermögen zuläßt. Aus ein und derselben Altersklasse lieferte z. B. ein Lehrer ein durchaus ähnliches Ergebnis wie ein Arbeiter. Die Prüfung des Richtungshörens erfordert lediglich eine gewisse Konzentration, wie sie auch für die Anfertigung eines Schwellenaudiogramms notwendig ist. Das schmale Band der Gruppe 2 mag vielleicht Ausdruck einer erhöhten Konzentrationsfähigkeit sein; in dieser Gruppe waren vorwiegend Studenten. Da es sich bei der Prüfung des Richtungshörens nicht um eine Sprachprüfung handelt, fallen von vornherein gewisse sprachliche Mißverständnisse weg. Es muß hierbei lediglich von der Versuchsperson verlangt werden, einigermaßen konzentriert dem Wandern des Tonnes zu folgen. Das gelang durchweg bei allen Versuchspersonen jeglicher Intelligenzstufe.

DRITTER TEIL

DIE PRÜFUNG DES RICHTUNGSHÖRENS BEI ERKRANKUNGEN DES PERIPHEREN UND ZENTRALEN HÖRORGANS

Wenn das Richtungshören, das einen intakten cerebralen Hörmechanismus voraussetzt, bereits durch den physiologischen Altersabbau des Zentralnervensystems erheblich gestört wird, darf angenommen werden, daß Hirnerkrankungen dann erst recht zu einer Beeinträchtigung führen.

Ehe sich die vorliegende Arbeit der cerebralen Diagnostik mit Hilfe des Richtungsbandes zuwendet, soll zuerst die Beeinflussung des Richtungsbandes durch periphere Hörstörungen untersucht werden.

1. Pheriphere Schwerhörigkeit

Wie erwähnt, wurden zur Prüfung des Richtungshörens der Gruppen 1 bis 5 nur solche Personen herangezogen, die ein annähernd seitengleiches Gehör aufwiesen. Unter diesen Umständen allein ist es möglich, ein schmales Richtungsband zu erhalten. Es ist auch bekannt, daß ein auf Grund von Laufzeitunterschieden zustandegekommenes Richtungshören umgekehrt durch Intensitätsunterschiede wieder ausgelöscht werden kann. Dieser Vorgang kann folgendermaßen gedeutet werden.

Es kommt zu einem Seiteneindruck "links", wenn das linke Ohr den Schallreiz etwas früher hört als das rechte Ohr. Wird nun der Schallreiz des rechten Ohres in seiner Intensität verstärkt, dann kann der Seiteneindruck wieder zur Mitte, ja sogar zu einem Linkseindruck umgewandelt werden. Bei einseitigen peripheren und seitendifferenten doppelseitigen Schwerhörigkeiten sind solche Verhältnisse vorhanden. Es ist unwesentlich, ob es sich dabei um eine Schalleitungs- oder Innenohrschwerhörigkeit handelt

Die folgenden 3 Fälle peripherer Hörstörungen zeigen, wie bereits schon geringe Seitendifferenzen von 15 dB zwischen rechtem und linkem Ohr das Richtungsband beeinflussen. Bei 20 dB Hördifferenzen wird in vielen Fällen der Schall auf die Seite des besser hörenden Ohres lokalisiert, unabhängig von der Laufzeitdifferenz.

Fall 1: Ludwig M.

Bei dem 36-jährigen Patienten handelt es sich um eine doppelseitige Otitis media chronica eptympanalis. Dementsprechend besteht eine deutliche bei-

derseitige fast reine Schalleitungsschwerhörigkeit. Die Luftleitungskurven (Abb. 7) beider Ohren verlaufen in den tiefen Frequenzen bei 1000 Hz, sowie auch bei 4000 Hz etwa deckungsgleich. Bei 2000 und 3000 Hz dagegen ist eine Hördifferenz zugunsten des linken Ohres von 15 dB vorhanden, bei 6000 Hz besteht eine Differenz von 20 dB zugunsten des rechten Ohres und bei 8000 Hz zugunsten des linken Ohres. Die Flüstersprachprobe ergab rechts 0,5 und links 0,5 Meter.

Richtungsband (Abb. 7): Trotz der hochgradigen Schwerhörigkeit ließ die Prüfung des Richtungshörens in den Frequenzen 125 bis 1000 Hz und bei 4000 Hz, desgleichen bei 10 000 Hz ein dem Alter des Patienten entsprechendes Richtungsband erkennen. Bei diesen Frequenzen besteht ja auch keine wesentliche Hördifferenz. Ein anderes Bild ergibt sich jedoch bei 2000, 3000 und 8000 Hz, wo jeweils eine Abweichung von 14 Grad rechts und 6000 Hz nach 14 Grad links besteht.

Diesem Fall von Schwerhörigkeit ist zu entnehmen, daß bereits schon geringe Hördifferenzen von 20 dB und 15 dB das Richtungsband wesentlich verändern können.

Fall 2: Hedi B. 32 Jahre

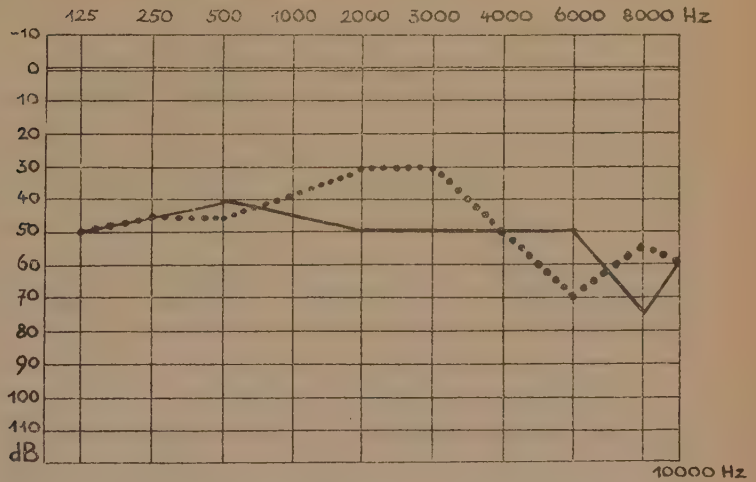
Infolge chronischer Otitis mesotympanalis mit erheblicher Sekretion besteht eine Schalleitungsschwerhörigkeit links. Die Flüstersprachprobe ergab rechts 10 m und links 1 m. Im Schwellenaudiogramm (Abb. 8) nähern sich die beiden Hörkurven nur in den hohen Frequenzen. Richtungsband (Abb. 8): Der Mitteindruck wird bis 4000 Hz in die obere Hälfte des Feldes verlegt, wo der Schallreiz auf dem linken Ohr gegenüber dem rechten bereits erheblich vorausgeeilt ist. Dagegen kommt bei 6000, 8000 und 10 000 Hz ein geringgradig verbreitertes Richtungsband um die Nulllinie zustande, da die beiden Hörkurven dieser Frequenzen sich entsprechend nähern.

Fall 3: Barbara W. 16 Jahre

Die Patientin kommt 3 Wochen nach der Operation zur Untersuchung. Es handelt sich um eine Mittelohrentzündung mit Mastoiditis und Pyramidentippenentzündung. Zur Zeit besteht noch eine mäßige Schalleitungsschwerhörigkeit links, während das rechte Ohr fast normal hört. Die Kurven im Schwellenaudiogramm (Abb. 9) sind nur bei 1000 Hz auf 15 dB genähert.

Richtungsband (Abb. 9): In den tiefen Frequenzen resultiert trotz größerer Hördifferenzen von ungefähr 30 dB bei 125 und 250 Hz zwischen rechtem und linkem Ohr ein allerdings für das Alter der Patientin etwas verbreitertes Rich-

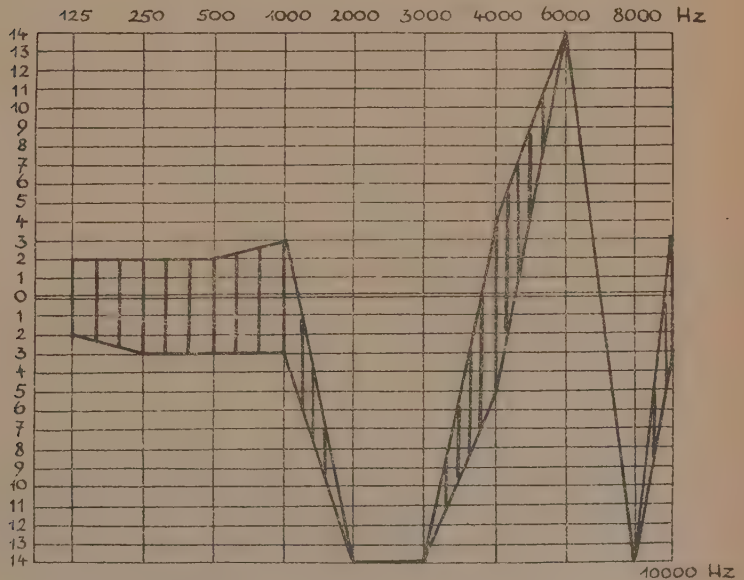
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Rechts-
Abweichung

Mitte

Links-
Abweichung



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

tungsband. Dagegen kommt ab 2000 Hz kein Mitteneindruck mehr zustande, da trotz Laufzeitdifferenz nur noch alles auf dem besser hörenden Ohr, also rechts gehört wird.

Dieser Fall zeigt, daß auch noch bei einer Hördifferenz von 30 dB mittels Laufzeitdifferenz ein Richtungshören möglich ist, was die oben zitierte Arbeit von Christian und Röser bereits bestätigte. Sie konnte aufzeigen, daß bei Schwerhörigen ein Richtungseindruck nicht mehr zustande kommt, wenn eine größere Hördifferenz als 30 dB vorliegt. Das scheint aber nach Fall 3 im wesentlichen nur für niedere Frequenzen etwa bis 1000 Hz zuzutreffen.

Alle 3 Fälle peripherer Schwerhörigkeit zeigen eindeutig, daß schon geringere Hörschwellendifferenzen genügen, um das Richtungshören störend zu beeinflussen. Besonders scheint dies für höhere Frequenzen etwa ab 1000 Hz zu gelten.

2. Vorbemerkungen zur Anwendungsmöglichkeit des Richtungshörens in der cerebralen Diagnostik

Bei der Verwertung des Richtungshörens in der cerebralen Diagnostik muß ein möglichst seitengleiches Gehör Voraussetzung sein. Größere Differenzen als 15 dB, höchstens aber 20 dB dürften bereits das Richtungsband besonders in höheren Frequenzen stören. Solche Patienten scheinen nur geeignet für die Prüfung der gemessenen Frequenzen, die im Audiogramm möglichst nahe bei - einander liegende Hörschwellen haben. Andere Frequenzen, die größere Hördifferenzen aufweisen, müßten ausgelassen werden. Einen weit besseren Einblick in den cerebralen Funktionszustand erhält man aber, wenn der gesamte Frequenzbereich von 125 bis 10 000 Hz zur Untersuchung gelangt. Sofern es sich um seitengleiche periphere Schwerhörigkeiten handelt, ist das Richtungshören nicht gestört, gleich welchen Grades die Schwerhörigkeit auch sein mag. Das Richtungsband bleibt dann der Altersklasse entsprechend und bewegt sich um die Nulllinie. Erst Hördifferenzen von 15 dB bis 20 dB, in seltenen Fällen auch einmal 10 dB, können Bandverschiebungen bewirken oder einen zutreffenden Richtungseindruck verhindern.

Diese Tatsache bedeutet bei weitem nicht, daß in der cerebralen Diagnostik nur Patienten mit annähernd seitengleichem Gehör für die Untersuchung des Richtungshörens in Frage kommen. Durch einfache Intensitätsveränderungen der Prüftöne gelingt es, die Hörschwellendifferenzen zu kompensieren. Damit steht die Prüfung des Richtungshörens praktisch allen Patienten offen, da es möglich ist, die periphere Schwerhörigkeit mit Seitendifferenzen durch Intensitätsveränderungen auszugleichen. Leider war dies bei unserer bisherigen Versuchsanordnung technisch noch nicht möglich.

3. Das pathologische Richtungsband bei Hirnerkrankungen

An den Anfang der pathologischen Betrachtungen bei der Prüfung des Richtungshörens soll das Richtungsband der Gruppe 5 (Abb. 6) als Vergleich gestellt werden. Es wurde bereits gesagt, daß es sich dabei um degenerative Ganglienzellverluste im Rahmen des allgemeinen physiologischen Altersabbaus im Zentralnervensystem handelt.

Um so eindrucksvoller aber wird das Richtungsband, das an 6 Patienten mit Hirnerkrankungen erhoben werden konnte. Dabei muß besonders betont werden, daß diese Patienten ein durchweg seitengleiches und meist sogar völlig normales Gehör boten. Es kamen 3 Patienten vor ihrer Operation und 3 weitere Patienten nach ihrer Operation zur Untersuchung. In allen 6 Fällen handelte es sich um Hirntumoren.

Die nun folgenden Auswertungen der Fälle bringen die Untersuchungsergebnisse jeweils mit Schwellenaudiogramm und Richtungsband.

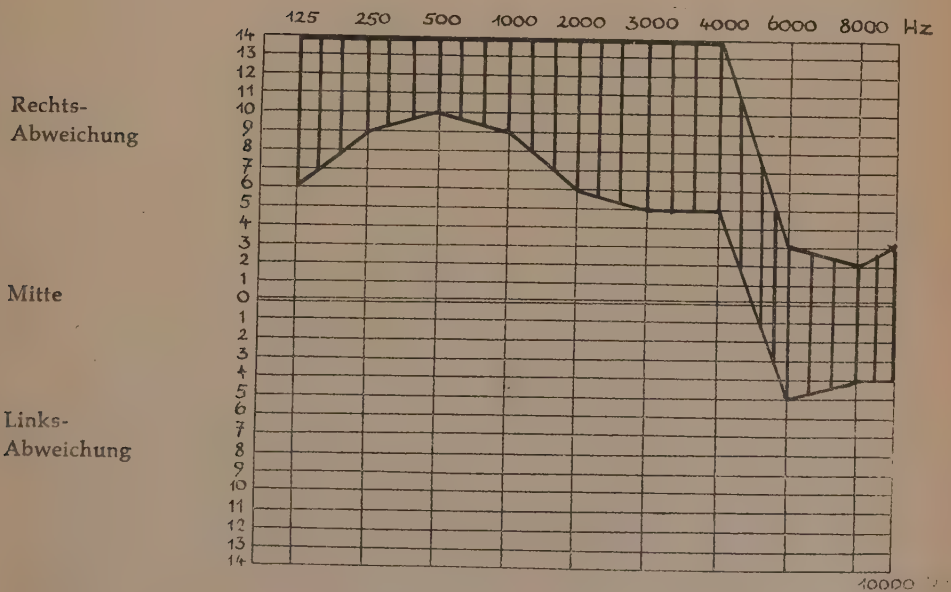
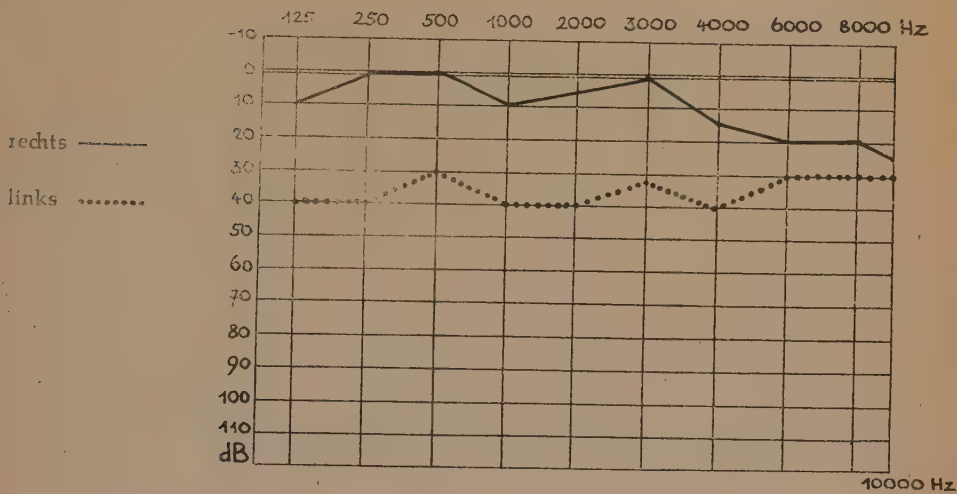
Fall 1: Elfriede F.

Aus der Anamnese der 25-jährigen Patientin lassen sich seit 8 Wochen Kopfschmerzen feststellen. Zuletzt kamen Sehstörungen (verschwommenes Sehen) und Ohrgeräusche links hinzu. Bei der Patientin liegt eine Graviditas mens VI vor. Nach dem EEG und der Angiographie besteht ein Verdacht auf einen Schläfenlappenprozeß links. Der ophthalmologische Befund läßt beiderseits eine Stauungspapille erkennen.

Die Patientin kommt am 25. 7. 58 in die HNO-Klinik zur Untersuchung. Die Flüstersprache wird auf beiden Ohren in 10 Meter Entfernung gehört (Wörter). Im Schwellenaudiogramm (Abb. 10) ist ein durchaus normales und seitengleiches Gehör zu erkennen. Der ausgeführte Binauraltest ist mit 14 / 2 / 0 Fehlern als ein Grenzfall zu werten. Er deutet nicht mit Sicherheit auf einen pathologischen Prozeß hin.

Richtungsband (Abb. 10): Die Patientin wäre altersmäßig in die Gruppe 2 einzureihen, das heißt, sie müßte bei ungestörtem zentralen Hörmechanismus ein sehr schmales, um die Nulllinie schwankendes Band aufzeigen. Diese 25-jährige Patientin bietet aber ein vollkommen anderes Untersuchungsergebnis bei der Prüfung des Richtungshörens. Es sei hier noch einmal auf das dem Alter entsprechend völlig normale Gehör hingewiesen. Das ganze Band ist nahezu bei allen Frequenzen in den Bereich der Rechtsabweichung verlagert. Bei 3000 Hz und 8000 Hz wird der Mitteneindruck jeweils sehr klein (2 Grad) und ist ganz nach rechts zwischen Teilstrich 11 und 9 der Skala verschoben.

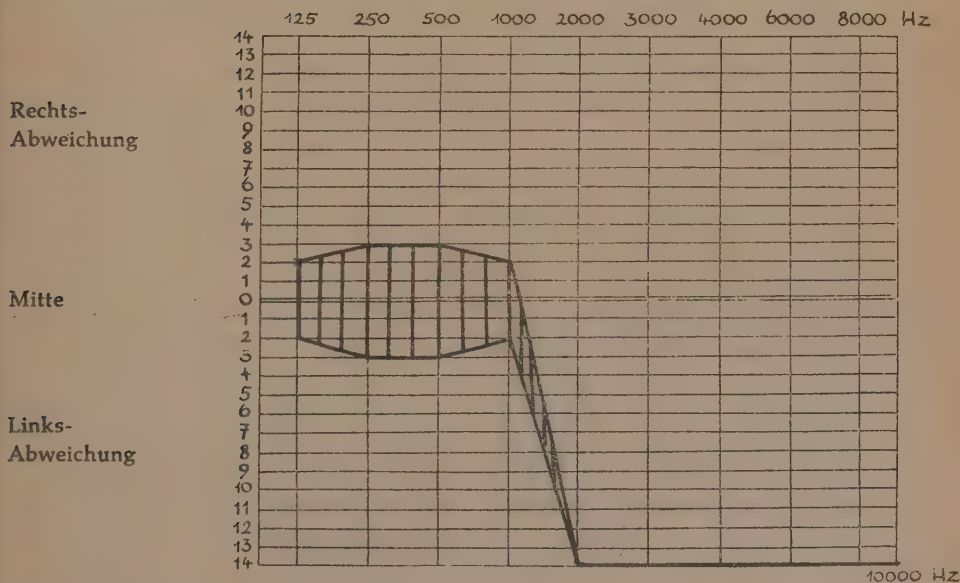
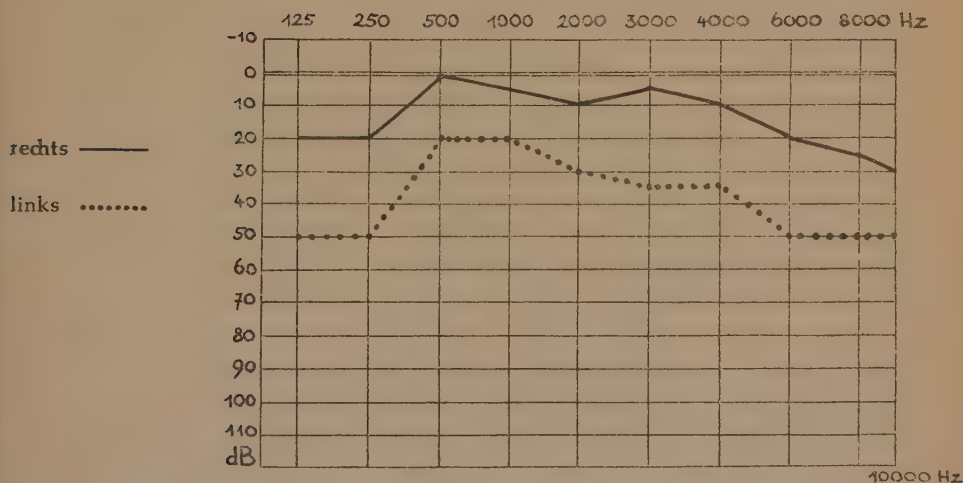
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

Es entstehen somit bei diesen Frequenzen große Zacken, die tief von links kommend in die obere Bildhälfte einschneiden.

Der Gesamtbefund ergibt ein stark deformiertes und verzerrtes Band, das eindeutig eine Seitenverschiebung nach Rechts aufweist.

Die Patientin wurde am 11.8.58 operiert (Prof. Dr. Schürmann). Bei der Operation kam ein linksseitiger Schläfenlappentumor zum Vorschein, der vor allem im Polgebiet lokalisiert war. Der gesamte Temporallappen einschließlich des unteren Teiles der Insel mitsamt dem Pol und dem medial gelegenen Uncus wird mit der Geschwulst abgesetzt. Diese ist gut von der Umgebung abgegrenzt und fühlt sich sehr derb an. Die makroskopische Beurteilung deutet auf ein gutartiges Gliom hin. Die histologische Untersuchung kann diese Annahme mit der Diagnose "Astrocytom des linken Schläfenlappens" bestätigen.

Aus dem pathologischen Verhalten des Richtungsbandes, das nicht die geringste Annäherung an die physiologische Schwankungsbreite dieser Altersgruppe erkennen läßt, war eine cerebrale Hörstörung bei sonst normalem peripherem Gehör mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen. Es konnte dadurch auf eine Hirnerkrankung hingewiesen werden. Dies hat auch das nachfolgende Operationsergebnis bestätigt. In dem Richtungsband ist auch eine Verschiebung des Mitteneindrucks nach rechts zu erkennen. Der extirpierte Tumor war auf der linken Hirnseite lokalisiert. Bemerkenswert ist also hier eine Abweichung des Richtungsbandes auf die gegenüberliegende gesunde Hirnseite.

Fall 2: Elfriede M. 37 Jahre

Die Operation erfolgte am 17.10.58 (Prof. Dr. Schürmann). Es handelte sich dabei um ein arteriovenöses Angiom rechts temporal direkt unterhalb der Fissura Sylvii. Das Angiom ist vom apoplektiformen Typ und wird aus hypertrophen Ästen der Arteria cerebri media gespeist. Der Tumor wird rechts unter Schläfenlappenresektion entfernt. Der histologische Befund bestätigte die Diagnose "Arteriovenöses Angiom". - Aus der vorangegangenen Anamnese war zu entnehmen, daß am 16.7.58 nach einer größeren Anstrengung plötzlich sehr heftige Kopfschmerzen mit Schwindel, Brechreiz und Erbrechen aufgetreten seien. Daraufhin erfolgte die Einweisung ins Krankenhaus, wo ein Zustand nach Subarachnoidalblutung ohne neurologische Ausfallerscheinungen festgestellt wurde. Im EEG bestand ein linksseitiger Herdverdacht, und zwar occipito-parietal und temporo-basal links mit Amplitudenüberwiegen und einzelnen steilen Abläufen.

Der ophtalmologische Befund ergab keine pathologische Veränderungen und keine Staungspapille.

Der postoperative Heilungsverlauf war völlig ungestört. Die Untersuchung in der HNO-Klinik erfolgte am 30.10.58.

Die Flüstersprache wurde auf beiden Ohren in 10 Meter gehört. Das Schwellenaudiogramm (Abb.11) zeigte einen normalen und seitengleichen Verlauf. Der Binauraltest war mit 13 / 4 / 4 Fehlern schwach positiv.

Richtungsband (Abb.11): Die Patientin müßte altersmäßig ein der Gruppe 3 entsprechendes Band liefern. Tatsächlich aber besteht eine deutliche Bandverbreiterung, besonders der mittleren Frequenzen, mit einer auffälligen Seitenverschiebung in den Bereich der Linksabweichung. Die entfernte Geschwulst war der rechten Hirnseite entnommen. Der Mitteneindruck verlagerte sich auch hier wieder auf die dem Hirnprozeß gegenüberliegende Seite.

Fall 3: Otto Z. 36 Jahre

Vor 3 Wochen hatte sich der Patient einer Hirnoperation unterzogen (Prof. Dr. Schürmann). Es wurde ein verkalktes linksseitiges Oligodentrogliom unter Absetzung des linken Schläfenlappens entfernt. Eine Anamnese bestand seit ungefähr einem Jahr und äußerte sich in psychisch-motorischen Anfällen mit motorisch-aphasischen Zuständen. Das EEG ließ einen massiven Herdbefund links mit Deltafokus temporal und temporo-basal erkennen. Der ophthalmologische Befund ergab einen vollen Visus, wobei vordere Augenabschnitte, Fundus und Gesichtsfelder beiderseits normal waren.

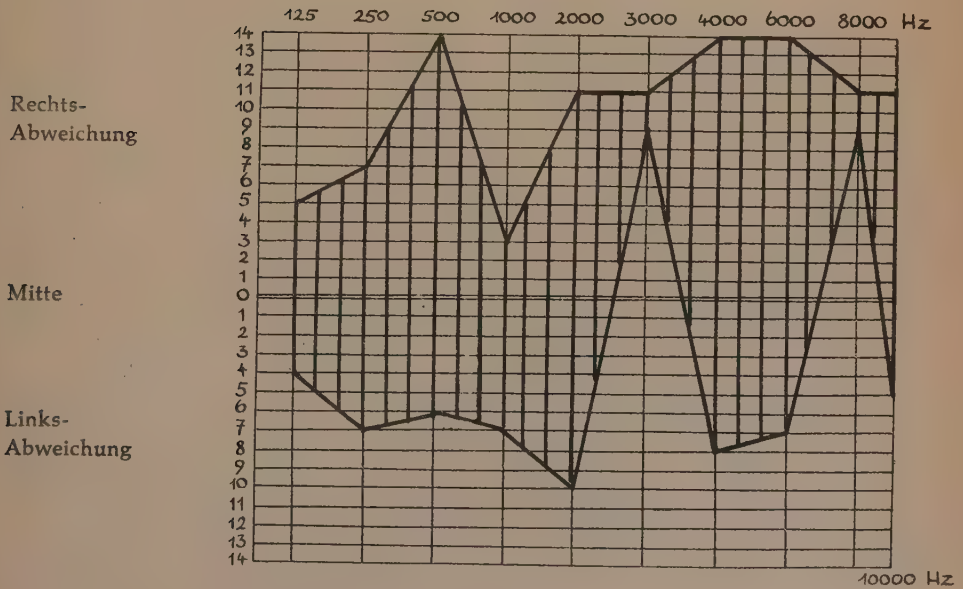
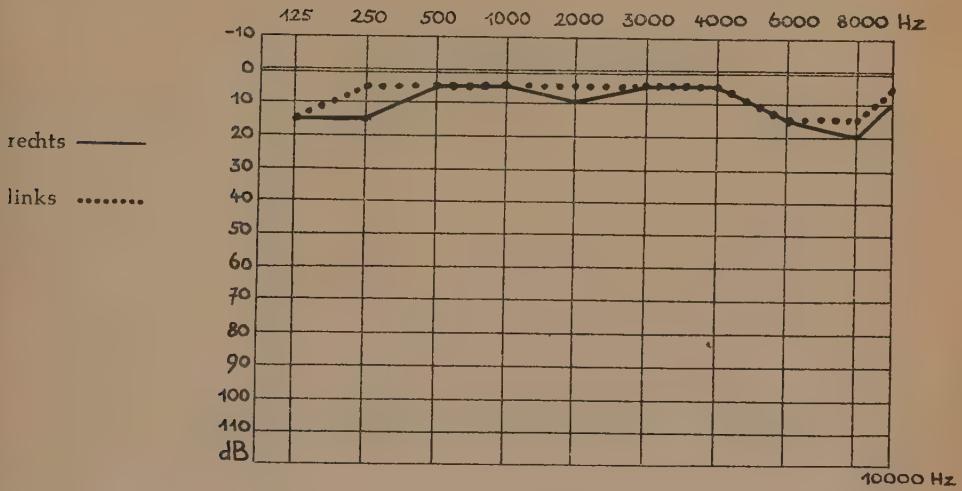
Die Operation wurde gut überstanden, jedoch weist der Patient zur Zeit noch eine erhebliche Verlangsamung und eine mittelgradige motorische Aphasie auf.

Der Patient kommt am 29.10.58 ungefähr 3 Wochen nach der Operation zur Hörprüfung in die HNO-Klinik. Flüstersprache (Wörter) wurde auf jedem Ohr in 10 Meter Entfernung verstanden. Das Schwellenaudiogramm (Abb.12) zeigt einen deckungsgleichen Kurvenverlauf.

Richtungsband (Abb.12): Dem Alter gemäß wäre das Richtungsband in die Gruppe 3 einzuordnen. Hier aber ergibt die Prüfung des Richtungshörens eine ganz erhebliche pathologische Bandverbreiterung. Besonders in den hohen Frequenzen ab 1000 Hz ist ein deutliches Abweichen des Bandes nach der rechten und somit gesunden Hirnseite hin zu erkennen. Das Richtungsband spricht für eine schwere cerebrale Hörstörung. Auch der Binauraltest mit seinem stark positiven Ausfall: 34 / 32 / 32 Fehlern konnte diese Annahme eines zentralen Hörschadens bestätigen.

Somit läßt dieser Fall eine Abweichung des Richtungsbandes nach der rechten Seite erkennen. Die Lokalisation der Hirnerkrankung war links tempo-

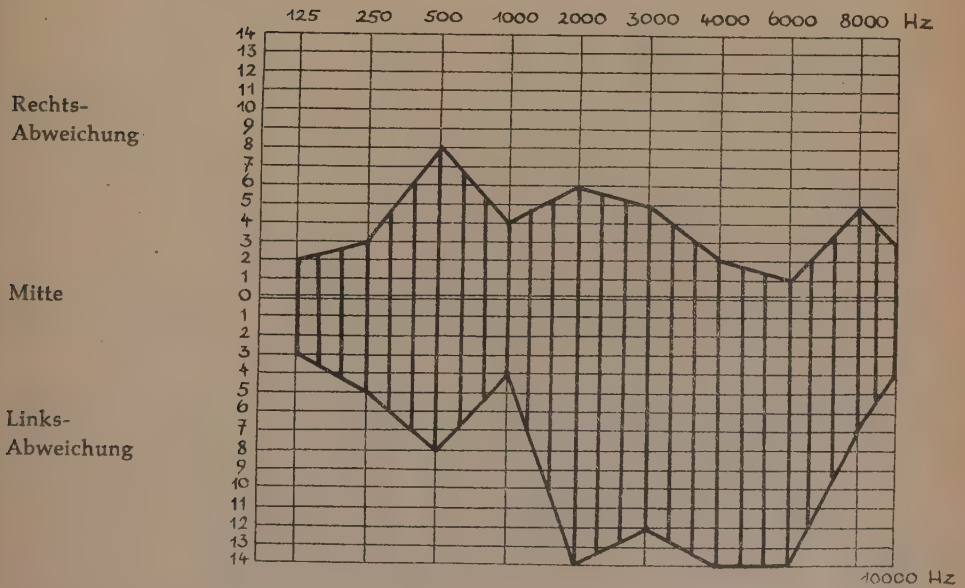
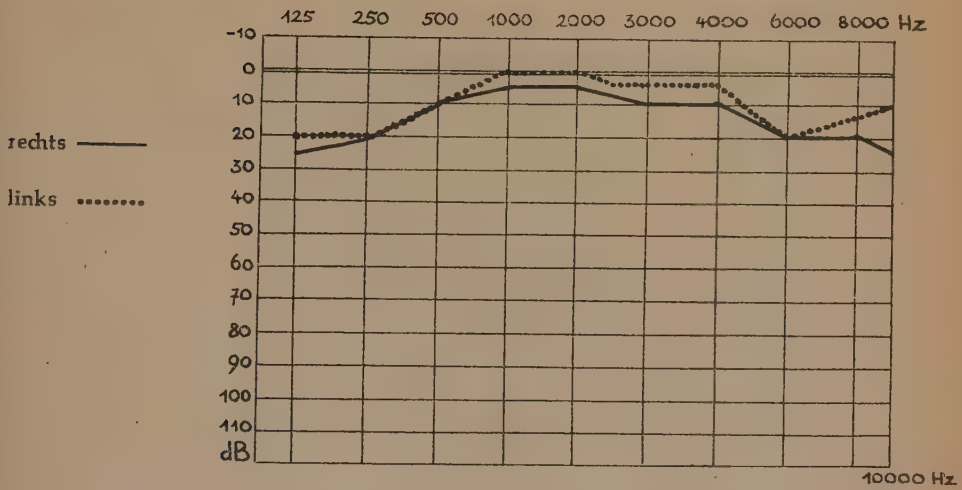
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

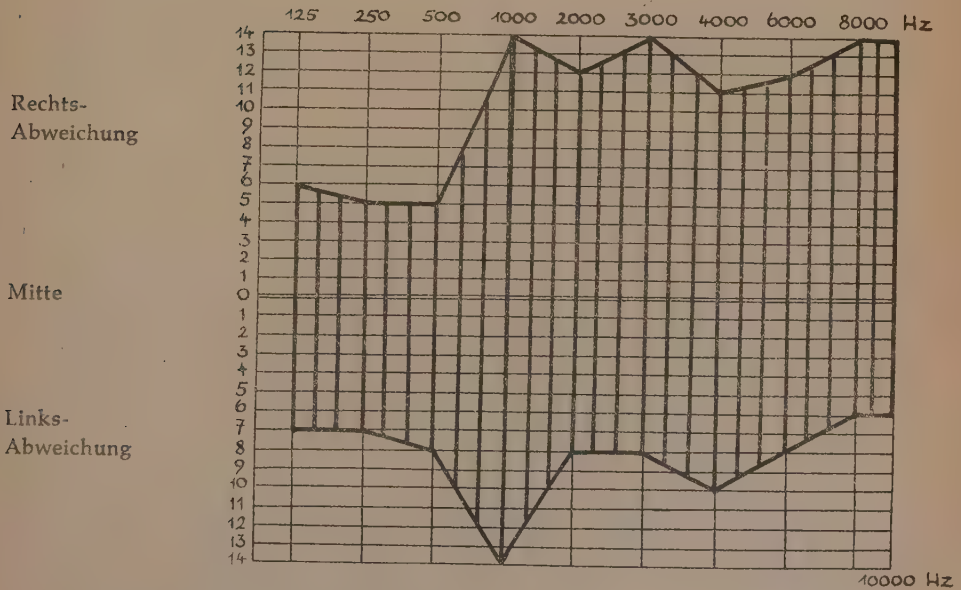
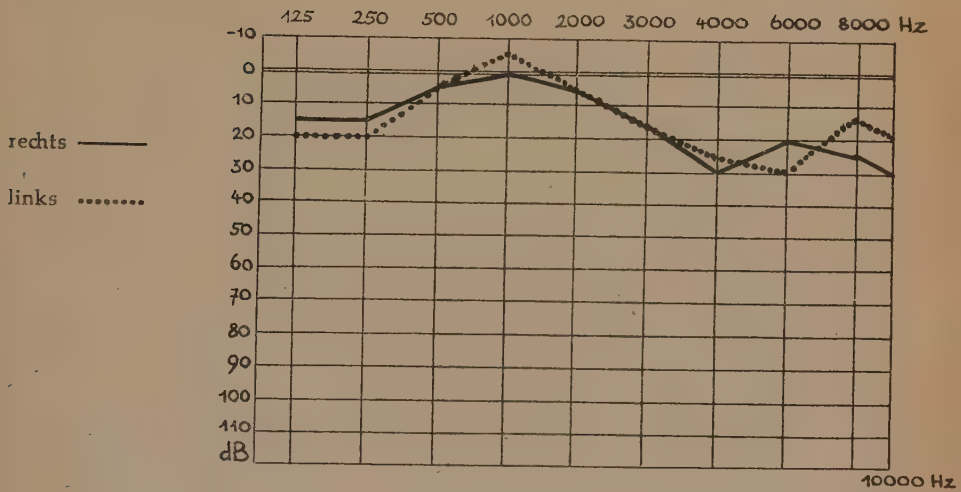
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

ral. Der stark verbreiterte Mitteneindruck wurde überwiegend auf die dem Tumor gegenüberliegende gesunde Hirnseite verlagert.

Fall 4: Philipp K.

Der 49-jährige Patient wurde am 30.6.58 operiert (Prof. Dr. Schürmann). Dorsal von der Fissura centralis wird der gesamte Parietallappen und ein Teil des Occipitallappens abgesetzt. Der histologisch als "malignes Glioblastoma multiforme" diagnostizierte Tumor liegt im rechten hinteren Parietalbereich, der bis in den Occipitallappen hinein reicht. Er hat vor allem die tiefe Markregion eingenommen. - Aus der Krankengeschichte dieses Patienten war eine kurze Hirndruckanamnese mit Kopfschmerzen, Schwindel und häufigem Erbrechen zu entnehmen. Desgleichen traten Denk- und Sehstörungen auf, und seit ungefähr 2 bis 3 Monaten war der Patient psychisch verändert. Er war teilweise benommen, zeitlich und örtlich desorientiert, und eine Unterhaltung war nicht mehr möglich. Auf Grund der neurologischen Untersuchungen wurde ein raumverdrängender Prozeß rechts temporal und temporal-parietal angenommen. Der ophthalmologische Befund ergab keine pathologischen Veränderungen.

Der Patient kommt am 6.8.58, also vier Wochen nach der Operation, zur Untersuchung in die HNO-Klinik. Die Flüstersprache wird auf beiden Ohren in 10 Meter Entfernung gut gehört. Das Schwellenaudiogramm (Abb. 13) zeigt einen dem Alter des Patienten normalen, fast seitengleichen Verlauf. Der Binauraltest ist mit 15 / 3 / 4 Fehlern bereits positiv.

Richtungsband (Abb. 13): In allen Frequenzen ist eine ganz erhebliche Bandverbreiterung zu sehen. Bei 3000 und 4000 Hz reicht das Band von 14 Grad rechts bis 14 Grad links, bleibt auch links noch bei 14 Grad bis 6000 und 8000 Hz und fällt rechts auf 8 Grad und links auf 9 Grad bis 10 000 Hz ab. Insgesamt zeigt dieses Richtungsband eine ganz erhebliche Verbreiterung und läßt eine leichte Seitenverschiebung nach links erkennen. Der entfernte Tumor lag im wesentlichen auf der rechten Seite parietal, reichte aber auch noch in den Occipitallappen hinein, wobei die Geschwulst die tiefen Markregionen einnahm. Die Abweichung des Richtungsbandes auf die hirngesunde Seite angesichts der massiven Störung ist nur geringgradig angedeutet.

Fall 5: Ludmilla St. 57 Jahre

Bei der Aufnahme der Patientin kann lediglich eine kurze Hirndruckanamnese von 6 bis 8 Wochen mit Kopfschmerzen, Schwindelerscheinungen und Erbrechen erhoben werden. Der EEG Befund zeigt allgemeine Veränderungen mit Dysrhythmie, Herdveränderungen rechts fronto-temporal und temporo-basal links. Es besteht der Verdacht auf einen raumfordernden Prozeß im angeführ-

ten Bereich. Der ophthalmologische Befund ergibt beiderseits volle Sehschärfe, Koordination, normale Augenmuskelfunktion und sofortige Licht- und Convergenzreaktionen der Pupillen. Es sind keine Stauungspapillen vorhanden.

Die Patientin kommt am 11. 7. 58 zur Untersuchung in die HNO-Klinik. Die Flüstersprachprobe wird beiderseits in 10 Meter Entfernung gehört. Das Schwellenaudiogramm (Abb. 14) bietet einen dem Alter entsprechenden regelrechten Kurvenverlauf. Lediglich in den unteren Frequenzen ist ein leichtes Absinken links vorhanden. Der Binauraltest ist mit 23 / 5 / 11 Fehlern stark positiv und deutet auf eine cerebrale Hörstörung hin.

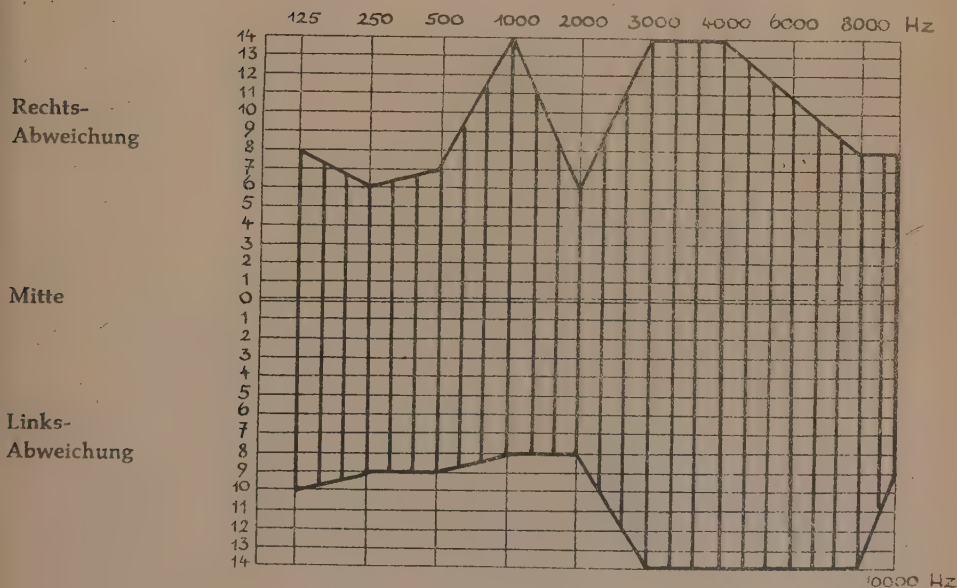
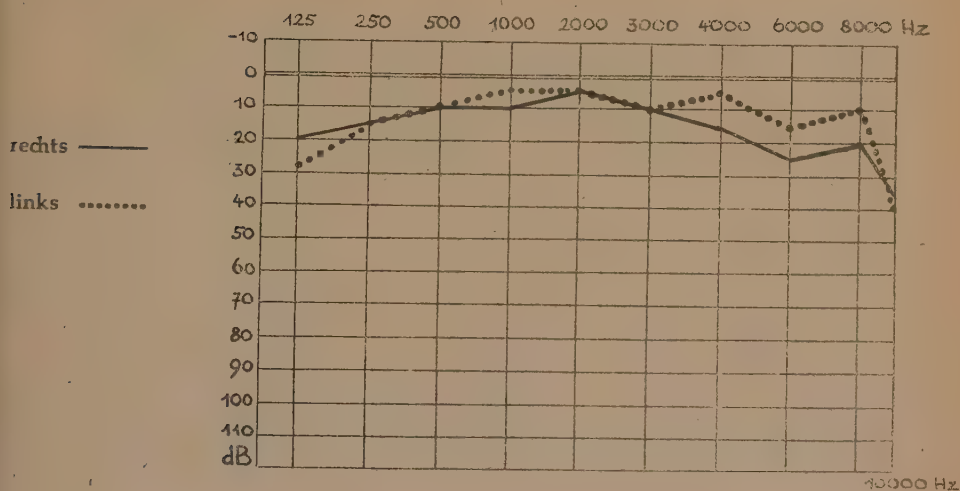
Richtungsband (Abb. 14): Die 57-jährige Patientin wäre altersmäßig in die Gruppe 4 einzuteilen. Ganz anders verhält es sich mit dem sich hier ergebenden Richtungsband, das von der physiologischen Schwankungsbreite dieser Altersgruppe stark abweicht und ein streng pathologisches Bild bei normalem Tongehör bietet. Die Frequenzen 125 - 500 Hz konnten mit größeren Abweichungen angegeben werden. Ab 1000 Hz beginnt das Richtungsband, sich nach beiden Seiten stark zu verbreitern. Bei 6000 Hz wird der Mitteneindruck gänzlich in den Bereich der Linksabweichung von 14 Grad bis 5 Grad links verlagert. Bei 8000 Hz erfolgt keine Linkswahrnehmung. Hier und auch bei 1000 Hz wird von der Patientin angegeben, daß das Wandern des Tones, der sonst normalerweise im Bereich des Hirnschädels gedeutet wird, mehr in den Bereich der Schädelbasis, besonders in den Unterkiefer verlegt wird. Das Richtungsband bietet also ein durchaus pathologisches Bild, wobei keine Seite eindeutig überwiegt. Sowohl Binauraltest als auch das Richtungsband deuten auf einen cerebralen Hörschaden hin.

Die Operation erfolgte am 16. 7. 58 (Prof. Dr. Schürmann) und ergab ein typisch parasagittales Meningioma im vorderen Drittel des Sinus longitudinalis. Die Geschwulst saß vorwiegend rechts, reichte jedoch auch auf die linke Seite herüber. Makroskopisch handelte es sich um ein apfelgroßes, ziemlich derbes und nicht sehr blutreiches Meningioma mit Durahaftstellen. Die histologische Untersuchung ergab ein endotheliomatöses Meningioma, das sich einerseits durch Neigung zu nekrotischem Zerfall und andererseits durch eine starke Gefäßhyalinose auszeichnete. Gegenüber dem übrigen Gewebe war es durch eine bindegewebige Kapsel begrenzt.

Zeichen einer sarkomatösen Entartung fehlten.

Im postoperativen Verlauf stellte sich nach 3, beziehungsweise 4 Tagen eine Bronchopneumonie ein, die schon im Beginn eine erhebliche Beeinträchtigung

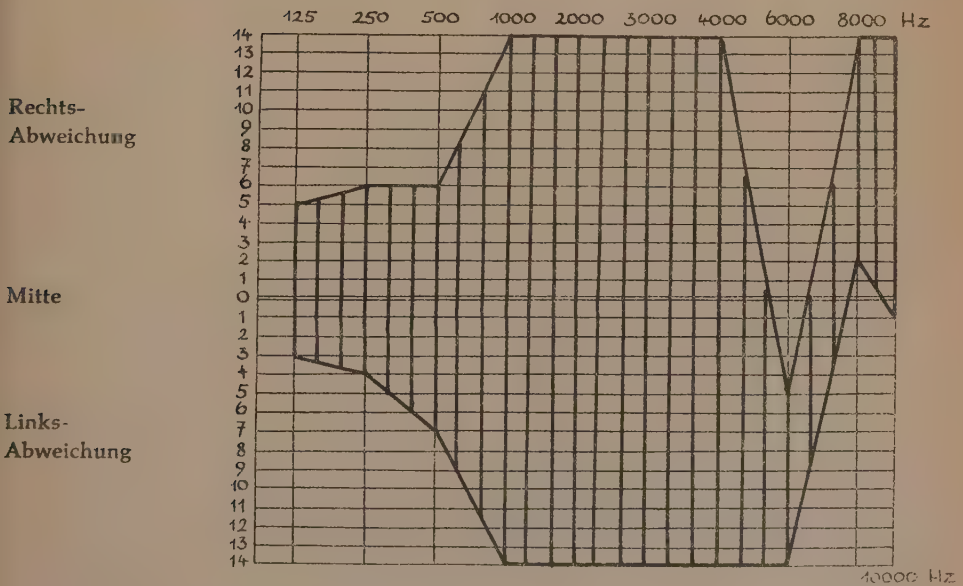
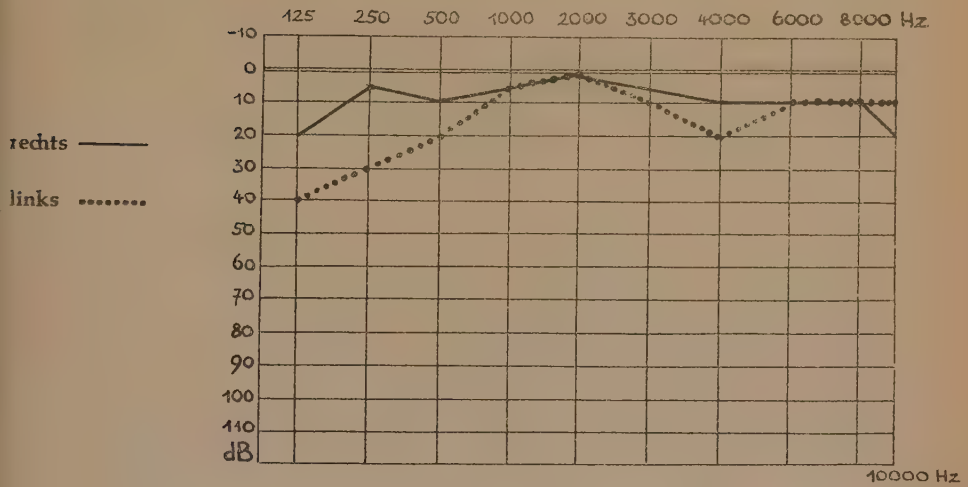
Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

der Kreislauffunktionen erkennen ließ. Die Patientin starb am 6. Tage nach der Operation an den Folgen einer toxischen Kreislaufinsuffizienz und war bis ante finem bei klarem Bewußtsein.

Dieser Fall deutete sowohl durch den positiven Binauraltestausfall als auch durch das von der physiologischen Schwankungsbreite stark abweichende Richtungsband auf einen cerebralen Prozeß hin. Bei der Lokalisation des Hirntumors überwog keine Seite, was auch im Richtungsband deutlich zum Ausdruck kam.

Fall 6: Werner K.

Der 16-jährige Patient bietet seit einigen Monaten eine Hirndruckanamnese (Kopfschmerzen, Schwindel und Erbrechen), die den Verdacht auf einen Hirntumor lenkt. Das EEG läßt eine leichte Allgemeinveränderung erkennen: Herdbefund occipital links, parieto-temporal links mit Delta- und Zwischenhinrwellen-Focus, gering nach temporo- basal links und praezentral links. Danach besteht der Verdacht auf einen raumfordernden Prozeß. Der ophthalmologische Befund ergibt Doppelbilder beim Linksblick. Als Ursache kommt wegen des vorhandenen geringen latenten Einwärtsschielens wohl eine Abducensparese links in Betracht. Sonst ist an den Augen selbst, einschließlich des Fundus, kein pathologischer Befund zu erheben.

Am 20. 7. 58 kommt der Patient zur Untersuchung in die HNO-Klinik. Die Flüstersprache (Wörter) wird auf beiden Seiten auf 10 Meter Entfernung gut gehört. Das Schwellenaudiogramm (Abb. 15) zeigt einen normalen Verlauf, wobei höchstens eine Differenz von 10 dB zwischen beiden Ohren besteht. Der Binauraltest ist mit nur 7 Fehlern im ersten Durchgang negativ.

Richtungsband (Abb. 15): Altersmäßig ist der Patient in die Gruppe 1 einzureihen. Das Richtungsband weist jedoch schon bei flüchtigem Betrachten eine starke Deformierung und Verzerrung auf. Nahezu das gesamte Band ist in den Bereich der Linksabweichung verlagert, und lediglich bei 1000 und 2000 Hz reicht der Mitteneindruck bis 4 Grad rechts, bei 8000 Hz bis 1 Grad und bei 10 000 Hz bis 3 Grad rechts.

Bei dem jugendlichen Alter des Patienten und dem intakten Gehör deutet das Richtungsband mit seiner konstanten Abweichung nach links mit großer Wahrscheinlichkeit auf einen gestörten zentralen Hörmechanismus bei einer Hirnerkrankung hin. Nach der Entwicklung der neurologischen Symptome mit rechtsseitiger spastischer Hemiparese, linksseitiger Hemiataxie nucleärer Augenmuskelparese und noch fehlender Stauungspapille ist zunächst vorwiegend an einen Mittelhirn- und Pons tumor links paramedial zu denken. Eine Bestätigung ergibt die Hirnkammer-

luftfüllung, die eine bogenförmige Verlagerung des Aquäduktes nach dorsal zeigt. Gewisse Zweifel kommen erst, nachdem das Vertebralangiogramm eine Verlagerung der linken Arteria cerebri posterior nach medial erkennen läßt, so daß zumindest die Möglichkeit einer extravertebral gelegenen hirn-stammnahen Geschwulst diskutiert werden muß. Als sehr rasch erhebliche Hirndruckerscheinungen hinzutraten, wird die einzige Möglichkeit zur Rettung des Patienten in einer explorativen Freilegung gesehen. Die Operation erfolgte am 17. 8. 58 (Prof. Dr. Schürmann). Dabei wurde eine etwa aprikosengroßer Tumor gefunden, der im Bereich der Brücke, des caudalen Hirnstammes und auch bereits in der Medulla links gelegen war. Eine Extirpation der Geschwulst war unmöglich. Drei Tage nach der Operation ist der Junge gestorben. Die histologische Untersuchung des Tumors ergab ein "multiformes Glioblastom".

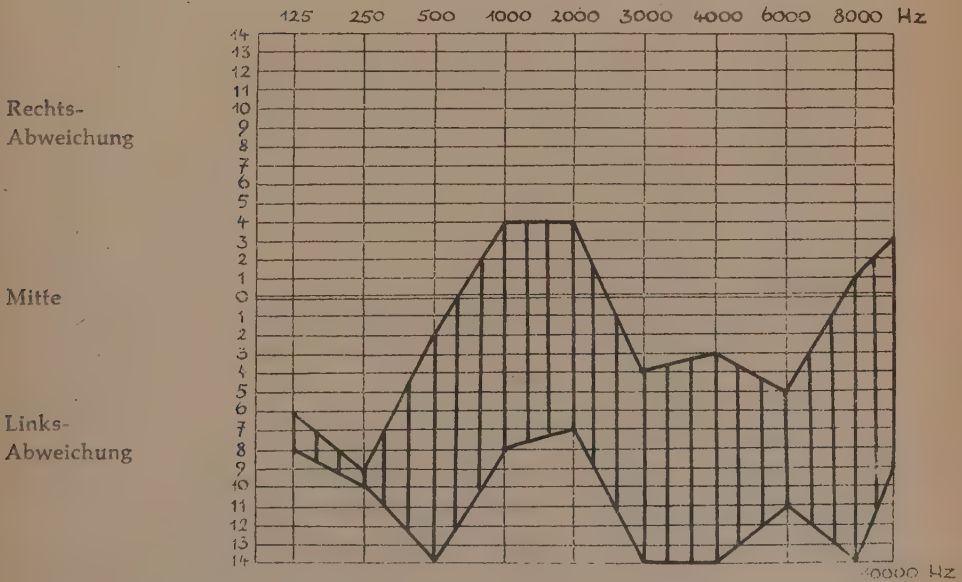
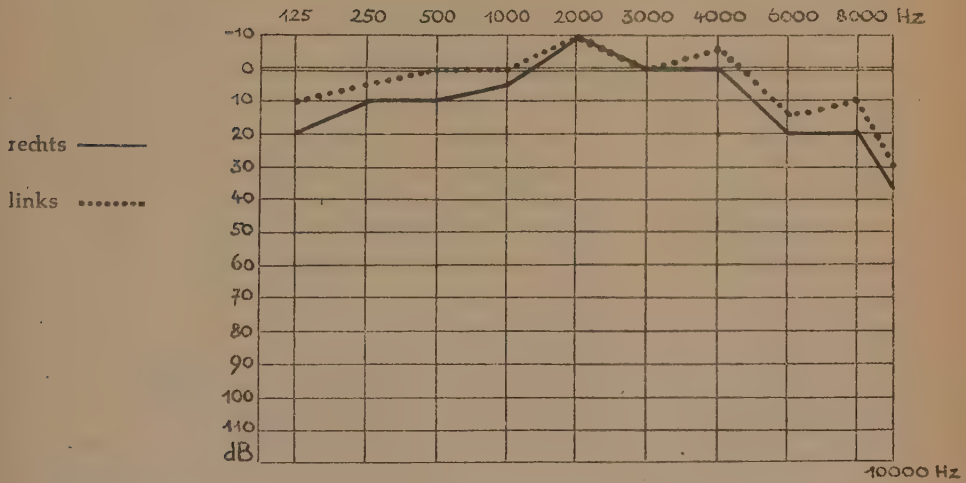
Zu diesem Fall ist bezüglich des Richtungsbandes folgendes zu bemerken: es erfolgt keine Abweichung nach der Gegenseite des Tumorsitzes, wie das für Fall 1, 2, 3 und 4 zutrifft. Vielmehr kommt es hier zu einer Abweichung des Richtungsbandes auf die Seite des Krankheitsherdes. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich nicht wie in den vergangenen Fällen um Hemisphären-tumoren, sondern um einen tiefliegenden Hirnstammtumor handelt.

4. Erklärungen zu den pathologischen Richtungsbändern

Aus den angeführten Fällen geht eindeutig hervor, daß Hirnerkrankungen, insbesondere Tumoren, den Schaltungsmechanismus im Hirnstamm erheblich beeinflussen. Dafür spricht mit großer Wahrscheinlichkeit das im hohen Grade von der altersentsprechenden Norm abweichende und somit pathologische Richtungsband. Der normale Ablauf ist erheblich gestört, während das Gehör keine oder zumindest nur eine geringe Einbuße erleidet. Warum und auf welche Weise es zu solchen Veränderungen des Richtungshörens kommt, kann in dieser Arbeit noch nicht gesagt werden. Ausgehend von der Erklärung der Ganglienzell-degeneration infolge physiologischen Altersabbaus der Gruppe 5 scheint es sich hier um ähnliche Prozesse zu handeln, jedoch in verstärkterem Ausmaße. Sätze der Krankheitsherd direkt im Hirnstamm und möglichst in unmittelbarer Nähe der großen Hörbahnkerne, wie z. B. im Corpus geniculatum mediale, dann wäre ohne weiteres die pathologisch veränderte Schalllokalisation infolge zentraler Schaltstörungen zu erklären. Wie kommt es aber zum Ausfall dieser cerebralen Hörfunktionen, ohne daß der Hirnstamm direkt betroffen ist?

Darüber scheinen insbesondere die von Matzker und J. Ruckes in der Arbeit: "Die Diagnostik morphologisch nachweisbarer Hirnerkrankungen durch

Schwellenaudiogramm (Luftleitung)



Richtungsgehör

(Laufzeitdifferenz bei 1 = 0,018 msec, bei 14 = 0,648 msec)

einen neuartigen Hörtest²⁸ gegebenen Erklärungen wichtige Aufschlüsse zu bringen. Inwieweit diese über den positiven Binauraltest angestellten Betrachtungen auch für den gestörten Ablauf des Richtungshörens bei Hirnerkrankungen zutreffen, bedarf noch der genaueren Untersuchung.

Raumfordernde Prozesse im Schädelinnern rufen Druckerhöhungen hervor. Dadurch aber können bereits die verschiedensten Schaltungsmechanismen im Cerebrum eine veränderte Funktionslage erfahren. Auch die normale Synapsentätigkeit in den Umschaltstellen des Hirnstammes kann durch diese Druckerhöhung beeinträchtigt werden. Da das Gehörorgan aber zu dem differenziertesten Sinnesorgan des menschlichen Organismus gehört, können beispielsweise Druckerhöhungen im Schädelinnern derartige gestörte Schaltungsvorgänge in den zentralen Hörbahnen bewirken.

Ruckes hat mit seinen Untersuchungen eine Erklärung für diesen gestörten Ablauf der cerebralen Hörfunktionen bei Hirnerkrankungen gegeben. Dabei kann es sich um die verschiedensten pathologischen Veränderungen handeln, wie z. B. Tumoren, apoplektiforme Blutungen, Erweichungsherde, Hirnödeme, Encephaliden, Hirntraumen, Hirnoperationen, Kontusionen und Kommotionen. All diese hirnpathologische Prozesse können von vielen Symptomen begleitet sein, die durch veränderte vegetative Reaktionen im Hirnstamm ausgelöst werden.

Ist der Hirnstamm der Sitz der Erkrankung, so dürfte die Schädigung der wichtigen Zentren dieses Hirnteils auf direktem Wege erfolgen. Dagegen muß die Beeinflussung des Hirnstammes bei entfernter Lokalisation der pathologischen Veränderung auf einer vom Krankheitsherd ausgehenden Fernwirkung geschehen. Es handelt sich dabei im wesentlichen um reflektorische Wirkungsmechanismen. Sie scheinen unter anderem auch für die einzelnen klinischen vegetativen Symptome verantwortlich zu sein, wie wir sie bei den verschiedenen cerebralen Erkrankungen beobachten. Hier wären vor allem zentrales Fieber, Stoffwechselstörungen, Herzrhythmusstörungen und andere Symptome zu nennen. Ähnlich werden auch die Durchblutungsstörungen in der Körperperipherie von solchen Patienten erklärt, die an einer Hirnerkrankung zugrunde gehen. Auch diese Störungen sind als Folge einer vegetativen Reaktionsabweichung zu betrachten, die durch eine Hirnstammschädigung ausgelöst wird. Dabei scheint es sich im wesentlichen um mikroskopisch-morphologisch nachweisbare Veränderungen wichtiger Hirnstammzentren zu handeln. Sie werden im Sinne feiner Durchblutungsstörungen gedeutet mit Bildung von Mikroödemem und kleinsten Blutaustritten. Besonders im Bereich der Pons und des vierten Ventrikels wurden solche Durchblutungsveränderungen von Ruckes beobachtet. Desgleichen können im Tier-

versuch durch experimentelle Reizung der Hirnhäute Durchblutungsschädigungen im Hirnstamm auftreten. Nach Ph. Stöhr werden diese Hirnstammveränderungen in erster Linie durch Gefäßreflexe erklärt. Sie werden vom Sitz des Krankheitsherdes ausgelöst unabhängig, ob dieser im Stirnhirn, Kleinhirn oder im übrigen Cerebrum gelegen ist. Dabei wird besonders den sensiblen Endfasern von Pia und Hirngefäßen eine reflektorische Wirkung zugeschrieben. Infolge des so eingetretenen geschädigten Durchblutungssystems kann es sehr leicht zu einem Sauerstoffmangel in wichtigen Hirnstammzentren kommen. Ganglienzellen gehen zu Grunde, die Synapsentätigkeit wichtiger Schaltzentren wird erheblich gestört.

Somit ist augenscheinlich, daß im Rahmen dieser reflektorischen Fernwirkung vom Krankheitsherd aus auf den Hirnstamm auch die in diesem Hirnteil gelegenen Hörbahnkerne mit betroffen werden können. Hieraus erklärt sich auch der positive Binauraltest bei Hirntumoren und anderen cerebralen Erkrankungen durch einen erschwerten Schaltungsmechanismus in den geschädigten Synapsenzentren der Hörbahnkerne.

Es wäre durchaus möglich, daß auch in ähnlicher Weise das pathologisch verbreiterte Richtungsband zustande kommt. Wie bereits angedeutet, ist für den normalen Ablauf des Richtungshörens ein voll intakter Schaltungsmechanismus der Hörbahnkerne im Hirnstamm notwendig. Schon der physiologische Altersabbau des Zentralnervensystems bedingt eine Erschwerung der Schallokalisation. Auch Hirnerkrankungen, insbesondere Hirntumoren, weisen ein mehr oder weniger gestörtes Richtungshören auf.

Unsere Darstellung will nur das Richtungsband einiger Fälle von Hirntumoren den Richtungsbandern Hirngesunder aus verschiedenen Altersklassen vergleichend gegenüberstellen.

Es zeigt sich als Ergebnis, daß die Prüfung des Richtungshörens bei cerebralen Erkrankungen bemerkenswerte Ergebnisse aufweist. Durch die anschauliche Art der graphischen Darstellung dieser neuen Untersuchungsmethode gelingt es verhältnismäßig leicht, einen Einblick in den cerebralen Hörmechanismus zu gewinnen. Ist dieser durch pathologische Veränderungen im Gehirn gestört, so gibt das Richtungsband ein entsprechendes Bild, das von der normalen physiologischen Schwankungsbreite abweicht. Es ist sogar möglich, aus der Seitenverschiebung eines verbreiterten Richtungsbandes auf die Lokalisation einer Hirnerkrankung zu schließen. Die bisherigen Befunde zeigten folgendes Bild:

Handelt es sich um einen Krankheitsherd in den beiden Hemisphären, so wird der Mitteneindruck bei der Prüfung des Richtungshörens auf die gegenüberlie-

gende hirngesunde Seite verschoben (siehe Fall 1, 2, 3 und 4). Wird der Hirnstamm von einem pathologischen Prozeß betroffen, so scheint der Mitteneindruck zur hirnkranke Seite zu wandern (siehe Fall 6). Überwiegt beim Sitz einer Hirnerkrankung keine Seite eindeutig, so dürfte bei der Schallokalisationsprüfung keine nennenswerte Seitenverschiebung auftreten (siehe Fall 5).

Somit ist die Möglichkeit angedeutet worden, das Richtungshören als einen neuen Faktor in der cerebralen Hördiagnostik für die Erkennung von Hirnerkrankungen zu verwenden. Die Prüfung des Richtungshörens in Verbindung mit dem Binauraltest und den anderen Hörprüfmethoden vermag besonders wertvolle diagnostische Aufschlüsse bei cerebralen Erkrankungen zu geben. Dabei kann das Richtungsband zunächst durch seine Breite aussagen, ob sich das Gehirn in einem normalen oder pathologisch veränderten Funktionszustand befindet. Weiterhin kann aus der Bandverschiebung Aufschluß über die wahrscheinliche Lokalisation einer Hirnerkrankung gewonnen werden. Liegt eine Hemisphärenkrankung vor, so scheint es zu einer kontralateralen Abweichung im Richtungsband zu kommen. Bei einer Hirnstammapfektion, also bei einer in tieferen Hirnregionen gelegenen Erkrankung, scheint sich das Richtungsband nach der homolateralen Seite zu verschieben.

Eine endgültige Aussage hierüber ist allerdings erst dann möglich, wenn durch eine größere Anzahl von so untersuchten hirnkranke Personen die Anwendungsmöglichkeit dieser neuen Untersuchungsmethode einwandfrei bewiesen ist.

ZUSAMMENFASSUNG

Mit experimentell erzeugten kleinsten Laufzeitdifferenzen wurde die Prüfung des Richtungshörens an 57 normalhörenden, hirngesunden Versuchspersonen, die in 5 Altersgruppen eingeteilt waren, durchgeführt. Zur Aufzeichnung der Untersuchungsergebnisse wurde eine graphische Art der Darstellung, das sogenannte Richtungsband, entwickelt. Ähnlich dem Schwellenaudiogramm sind auf der Abszisse die zu untersuchenden Frequenzen aufgetragen. Auf der Ordinate liegen gemäß der Abweichung nach rechts oder links von der Mittellinie Null die Grade 1 - 14, zu denen jeweils die entsprechenden elektrisch erzeugten Laufzeitdifferenzen gehören. Die mit der angegebenen neuen Untersuchungsmethode erhaltenen Richtungsbander der 5 Altersgruppen lassen deutlich erkennen, daß die Fähigkeit des Richtungshörens bereits um das 40. Lebensjahr leicht beeinträchtigt wird. Mit zunehmendem Alter wird infolge zentraler Degeneration das Schallokalisationsvermögen der Versuchsperson mehr und mehr gestört.

Drei Fälle von peripherer Schwerhörigkeit zeigten bei der Prüfung des Richtungshörs, daß bereits geringe Hördifferenzen zwischen beiden Ohren ein Herüberhören auf das besser hörende Ohr bewirken. Das "Richtungsband" dieser Patienten war in entsprechender Weise in den Bereich der Links- oder Rechtsabweichung verlagert.

Daß Hirnerkrankungen das physiologische in ein pathologisches Richtungshören umwandeln, ließen die 6 untersuchten Fälle von Hirntumoren erkennen. Dabei ergaben sich im Vergleich zur altersentsprechenden Schwankungsbreite große Abweichungen. Das "Richtungsband" war meist verbreitert, stark deformiert und teils nach einer Seite verlagert.

Eine Funktionsstörung des cerebralen Hörmechanismus bei normalem Schwellengehör kann daraus entnommen und so auf eine mögliche Hirnerkrankung geschlossen werden. Wahrscheinlich erlaubt auch das in den Bereich der Links- oder Rechtsabweichung verschobene "Richtungsband" eine wesentliche Aussage über den Sitz der cerebralen Erkrankung.

In Verbindung mit den anderen Hörprüfmethoden und neurologischen Untersuchungen scheint die Prüfung des Richtungshörens mit der Darstellung im "Richtungsband" zur Diagnostik von Hirnerkrankungen geeignet zu sein.

Technische Daten der verwandten Apparatur

Die Verzögerungskette setzt sich aus 36 Gliedern zusammen, die wahlweise durch eine Drehschaltung alle oder nur zum Teil hintereinandergeschaltet werden können. Jedes einzelne Glied besteht aus einer Spule (Induktivität 36 Henry) und einem Kondensator (Kapazität 36 pF); der Gesamtwiderstand der Kette beträgt 9000 Ohm. Die Laufzeitverzögerung des einzelnen Gliedes errechnet sich durch die Quadratwurzel aus dem Produkt von Induktivität mal Kapazität. Sie beträgt für jedes Glied 0,018 msec, für die ganze Kette somit 0,648 msec.

Durch die Drehschaltung, die nach beiden Seiten hin in 14 Skalenpunkten einstellbar ist, so daß entweder der Schall des einen oder des anderen Kopfhörers verzögert wird, werden pro Skalenpunkt von Null an folgende Glieder hintereinandergeschaltet:

Skalenpunkt	0	=	null Glieder
"	1 - 4		je ein Glied hinzu
"	5 - 7		je zwei Glieder hinzu
"	8 - 10		je drei Glieder hinzu
"	11 - 13		je vier Glieder hinzu
"	14		fünf Glieder hinzu

Die Laufzeitverzögerungen betragen demnach:

Skalenpunkt	Laufzeitverzögerung
1	0,018 msec
2	0,036 msec
3	0,054 msec
4	0,072 msec
5	0,108 msec
6	0,144 msec
7	0,180 msec
8	0,234 msec
9	0,288 msec
10	0,342 msec
11	0,414 msec
12	0,486 msec
13	0,558 msec
14	0,648 msec

Durch die Kette erfolgt keine Verzerrung einer die Kette passierenden Sinusschwingung. Die folgenden Tabellen geben Auskunft über die Phasenverschiebung, die bei verschiedenen Laufzeitverzögerungen und bei verschiedenen Frequenzen gemessen wurde.

Phasenverschiebung der 36-gliedrigen elektrischen Verzögerungskette ohne Belastung mit Kopfhörern, gemessen in je drei verschiedenen Skaleneinstellungen rechts und links. Meßgeräte siehe unten. Meßergebnisse in Winkelgraden angegeben.

Skalenpunkt:	Links	14	9	5	0	5	9	14	Rechts
125 Hz		28	13	6	0	4	11	25	
250 Hz		52	24	10	0	10	23	51	
375 Hz		81	36	14	0	13	35	80	
500 Hz		113	49	18	0	17	48	110	
750 Hz		171	79	30	0	28	77	170	
1000 Hz		230	108	41	0	41	106	226	
1500 Hz		345	155	56	0	51	153	344	
4000 Hz		919	423	158	0	158	422	918	
8000 Hz		1917	865	334	0	337	860	1925	
Laufzeitdifferenz									
in msec: 0,648 0,288 0,108 0 0,108 0,288 0,648									

Verwendete Meßgeräte:

Tongenerator: RC-Generator Type SRN, BN 4084, F. Nr. 1054/12
Rohde und Schwarz, München

Phasenmesser: Type PZN, BN 1941, F. Nr. E 354 / 3 / 1
Rohde und Schwarz, München

Vergleich der gemessenen Werte mit den errechneten Werten für die Laufzeitdifferenz von 0,648 msec, entsprechend der Skaleneinstellung 14

Frequenz	errechneter Wert	gemessener Wert
125 Hz	29 Grad	28 Grad
250 Hz	58 Grad	52 Grad

Frequenz	errechneter Wert	gemessener Wert
375 Hz	88 Grad	81 Grad
500 Hz	116 Grad	113 Grad
750 Hz	176 Grad	171 Grad
1000 Hz	233 Grad	230 Grad
1500 Hz	353 Grad	345 Grad
4000 Hz	928 Grad	919 Grad
8000 Hz	1856 Grad	1917 Grad

Phasenverschiebung der 36-gliedrigen elektrischen Verzögerungskette mit Belastung durch die bei der klinischen Untersuchung gebrauchten Kopfhörer.

Vergleichswerte ohne Kopfhörerbelastung in Klammern.

Skalenpunkte, nur rechts:

	0	5		9		14	
125 Hz	0	6,4	(4)	14,5	(11)	27,7	(25)
250 Hz	0	10,7	(10)	24,5	(23)	46,7	(51)
375 Hz	0	15	(13)	35,2	(35)	68,2	(80)
500 Hz	0	19,6	(17)	46	(48)	96,3	(110)
750 Hz	0	30,4	(18)	70,2	(77)	169,6	(170)
1000 Hz	0	41,5	(41)	96,7	(106)	222,7	(226)
1500 Hz	0	52,7	(51)	151,3	(153)	342,3	(344)
4000 Hz	0	157,5	(158)	422,5	(422)	918,5	(918)
8000 Hz	0	332,8	(337)	858,8	(860)	1920,8	(1925)

Skalenpunkte, nur links:

	0	5		9		14	
125 Hz	0	6,4	(6)	14,8	(13)	27,9	(28)
250 Hz	0	10,2	(10)	25,2	(24)	46,8	(52)
375 Hz	0	14,4	(14)	35	(36)	69,8	(81)
500 Hz	0	18,9	(18)	46,1	(49)	99	(113)
750 Hz	0	29,6	(30)	72,6	(79)	169,2	(171)
1000 Hz	0	39,7	(41)	99,1	(108)	226,1	(230)
1500 Hz	0	53,7	(56)	153,8	(155)	342,3	(345)
4000 Hz	0	158	(158)	423	(423)	920	(919)
8000 Hz	0	333,5	(334)	864,5	(865)	1930,5	(1917)

Verwendete Meßgeräte:

Tongenerator Type SRN, BN 4084, Rohde und Schwarz, München
 Phasenmesser Type PZN, BN 1941, Rohde und Schwarz, München
 Spannungs-Strom-Widerstands-Meßgeräte Type URI, BN 1050, F.Nr. 458/295
 Rohde und Schwarz, München

Gemessene Lautstärkenunterschiede zwischen den beiden Kopfhörern an
 der elektrischen Verzögerungskette

Frequenz	Skalenstellung 0 Laufzeitunterschied Null	Skalenstellung 14 rechts Laufzeitunterschied 0,648 msec
125 Hz	0,506 dB	3,74 dB
200 Hz	0,49 dB	3,82 dB
250 Hz	0,398 dB	3,69 dB
375 Hz	0,49 dB	2,51 dB
500 Hz	0,424 dB	0,73 dB
750 Hz	0,358 dB	0,112 dB
1000 Hz	0,34 dB	1,66 dB
1500 Hz	0,34 dB	0,026 dB
3000 Hz	0,308 dB	0,321 dB
3140 Hz	0,266 dB	0,668 dB
3520 Hz	0,24 dB	0,266 dB
4000 Hz	0,398 dB	1,332 dB
6000 Hz	0,298 dB	0,07 dB
8000 Hz	0,39 dB	1,1 dB
10000 Hz	2,28 dB	1,705 dB

Die Verhältnisse errechnen sich aus dem log des Verhältnisses der beiden an
 den Kopfhörern gemessenen Spannungen in Volt mal 20.

$$\log \frac{U^1}{U^2} \cdot 20 = \text{Lautstärkedifferenz in dB}$$

Verwendete Meßgeräte:

RC-Tongenerator Type SRN, BN 4084, Rohde und Schwarz, München
 Phasenmesser Type PZN, BN 1941, Rohde und Schwarz, München
 Spannungs-Strom-Widerstands-Meßgeräte Type URI, BN 1050,
 Rohde und Schwarz, München

SCHRIFTTUM

- Arnold, G. E. : Die Untersuchung zentraler Hörstörungen mit neuen Hörprüfmethoden. Arch. Hals- usw. Heilk. u. Z. Hals- usw. Heilk. 157, 521 (1951).
- Arnold, G. und F. Seitelberger: Über die thalamische Hörstörung. Klin. Med. (Wien) 4, 552-564 (1949).
- Bezold, F. : Lehrbuch der Ohrenheilkunde. Wiesbaden 1906.
- derselbe: Untersuchungen über das durchschnittliche Hörvermögen im Alter. Z. Ohrenheilk. 24. (1893).
- v. Bekesy, G. : Elektr. Nachr. Techn. 12, (1935).
- derselbe: Ann. Physikque, V.F. 15, S. 51 (1932).
- derselbe: Physik. Z. 30, S. 721, (1929).
- derselbe: Physik. Z. 31, S. 824 und 854 (1930).
- derselbe: Physik. Z. 34, S. 577-582, (1933).
- derselbe: Ber. Physiolog. 53, S. 792.
- Berendes, J. : Anleitung zur Funktionsprüfung des Ohres. Stuttgart 1946.
- Bocca, E., C. Calereo und V. Cassinari: A new method for testing hearing in temporal lobe tumors. Acta oto-laryng. (Stockh.) 44, S. 219-221 (1954).
- Bocca, E. et al: Testing "cortical" hearing in temporal lobe tumors. Acta oto-laryng. (Stockh.) 45, S. 287-304 (1955).
- Bocca, E. : Binaural-hearing: another approach. Laryngoscope 65. 1164-1171 (1955).
- derselbe: Fisiologia, fisiopatologia e diagnostica clinica delle sordità retrococleari. Idos, Milano, 1956.
- Brünzlow: Z. Sinnesphysiolog. 56, H. 5-6 S. 326-335, (1925).
- derselbe: Hals- Nasen- Ohrenarzt, 30 I S. 1, (1939).
- Calereo, C. : Binaural summation in lesions of the temporal lobe. Acta oto-laryng. (Stockh.) 47, S. 392-395 (1957).

- Calearo, C. : Detections of malingering by periodically switched speech. Laryngoscope 67, S.130-136 (1957).
- Christian, W. und D. Röser: Ein Beitrag zum Richtungshören. Z.Laryng.36, S.432-445 (1957).
- De Crinis, M. : Anatomie der Hörrinde als Grundlage des physiologischen und pathologischen Geschehens der Hörwahrnehmung. Z.Hals- usw. Heilk. 36, S.238-240 (1934).
- derselbe: Über Schwerhörigkeit für Sprache bei erhaltenem Tongehör. Arch. Ohren- usw. Heilk.149, S.183-186 (1941).
- Diamond, J. T. und Neff, W. D. : Role of the auditory cortex in discrimination of tonal patterns. Fed.Proc.12, 33 (1953).
- Derbyshire, A. J. : Action potential of the auditory nerve. Thesis. Harvard University 1934 (124).
- Derbyshire, A. J. und H. Davis: The action potentials of the auditory nerve. Amer. J. Physiol. 113, 476 (1935).
- Eccles, J. C. : The Neurophysiological Basis of Mind. At the Clarendon Press, Oxford 1953.
- Falkenberger, K. : Beitrag zur Klinik und Pathologie der Mittelhirn - schwerhörigkeit. Arch. Ohr- usw. Heilk. 149, S.187-198 (1941).
- Fischer, J. : Allgemeinerscheinungen im Bereich des Cochlearapparates und des labyrinthären Reflexbogens bei Neoplasmen des Großhirns und beim Hirndruck. Handb. der Neurol. d. Ohres. Urban und Schwarzenberg 1924, Bd. II, 2, S.1521 ff.
- Fletcher, H. : Speech und Hearing. D. van Nostrand Company. Inc. New-York 1950 (Nachdruck von 1929) S.188 ff.
- Galambos, R. : Microelectrode studies on the nervous system. Annals of Otol. (St. Louis) 66, S.503-505 (1957).
- derselbe: Physiologische Untersuchungen über das olivo-cochleäre Bündel von Rasmussen. IV. Kongress der internationalen Audiologischen Gesellschaft, Padua, 4.10.1958.
- Galambos, R., W. A. Rosenblith und M. R. Rosenzweig: Physiological evidence for a cochleo-cochlear pathway in the cat. Experimentia 6, S.438-440 (1950).

- Grahe, K. : Hirn und Ohr, Georg Thieme-Verlag. Stuttgart 1932.
- derselbe: Erfahrungen der oto-rhingologischen Hirntumordiagnostik auf Grund verifizierter Fälle. Z.Hals- usw. Heilk.36, S.170-198 (1934).
- Gilae, V. und Rosloffs: Acta oto-laryng. (Stockh.) 14, (1930).
- Güttich, A. : Otologische Erfahrungen bei der Untersuchung von Hirntumoren. Z.Hals- usw. Heilk.36, S.78-164 (1934).
- derselbe: Zur Klinik der Tumoren des IV.Ventrikels, zugleich ein Beitrag zur Schallrichtungsbestimmung bei intaktem Cochlearis und fehlendem Vestibularis. Arch.Ohr- usw. Heilk. 147, S.5-8 (1940).
- derselbe: Zur vestibulären Symptomatologie der Hirnstammerkrankungen. Arch.Ohr- usw. Heilk. 147, S.250-258 (1940).
- derselbe: Zur Klinik und mikroskopischen Anatomie der vestibulären Hirnstammerkrankungen. Arch.Ohr- usw. Heilk. 149, S.235-240 (1941).
- derselbe: Weiterer Beitrag zur Symptomatologie der Hirnstammerkrankungen. Arch.Ohr- usw. Heilk. 150, S.344-346 (1941).
- derselbe: Klin. Wschr. 187 I, S.115..
- derselbe: Arch. Ohr- usw. Heilk. 122, S.107 (1929).
- derselbe: Arch. Ohr- usw. Heilk. 142, S.139 (1936).
- derselbe: Arch. Ohr- usw. Heilk. 146, S.233-301 (1939).
- derselbe: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Erkrankungen des Ohres, der Nase und des Halses. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1948.
- Halverson, H. M. : Psychologic. Monogr. 31, Nr.1, S.7-29 (1922).
- Hecht, H. : Naturwissensch. 10, H.5, S.107-113 (1933).
- derselbe: Naturwissensch. 11, (1933).
- Hennebert, D. : L'integration de la perception et l'audition alternante. Acta oto-.belg. 9, S.344-346 (1955).
- Hesse, W. : Zentrale Hörstörungen. Wiss.Z. Univ. Halle, V, S.1055-1058 (1956).
- Holt-Hansen, K. : Z. Psychol. 120, S.109 (1931).

- Hornbostel, E. v. : Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. 11, S. 602.
- derselbe: Psychol. Forsch. 4, S. 64.
- derselbe: Psychol. Forsch. 6, S. 425.
- Hornbostel, E. v. und Wertheimer M. : Über die Wahrnehmung der Schallrichtung. Sitzungsbericht der preuß. Akad. Wiss. Berlin 1920, 388. (153, 154).
- Jungert, S. : Auditory pathway in the brain stem. Acta otolaryng. (Stockh.) Suppl. 138 (1958).
- Katz, D. : Z. Hundeforsch. 2, S. 11, (1932).
- derselbe: Ber. Physiol. 68, S. 166.
- Keen, J. A. : J. of laryngol. otol. 40, Nr. 6, S. 363-368 (1925).
- Kietz, H. : Neue Vorstellungen in der Theorie des Hörens, Z. Laryng. 36, S. 241-253 (1957).
- derselbe: Acustica (Zürich) 3, S. 73-86 (1953).
- derselbe: Z. Laryng. 31, S. 91-94 (1952).
- Klensch, H. : Pflügers Arch. 250, S. 492-500 (1948).
- derselbe: Naturwissensch. 36, S. 145-149 (1949).
- König, E. : Pitch discrimination and age. Acta oto-laryng. (Stockh.) 48, S. 475-489 (1957).
- König, G. : und Sussmann, W. : Arch. Ohr- usw. Heilk. 167, S. 317-313 (1955).
- Kraus, M. : Mschr. Ohrenheilk. 85, S. 64-65 (1951).
- derselbe: Arch. Ohr- usw. Heilk. 157, S. 301-319 (1950).
- derselbe: Arch. Ohr- usw. Heilk. 167, S. 301-303 (1955).
- Kreidl, A. : Die Physiologie des inneren Ohres, der zentralen Hörbahnen und -zentren. Handb. d. Neurologie des Ohres, Urban und Schwarzenberg 1924, Bd. I, S. 383 ff.
- Krejci, F. : Arch. Ohr- usw. Heilk. 165, S. 344-346 (1954).

- Langenbeck, B. : Z.Hals- usw.Heilk.34, S.250 (1933).
- derselbe: Z.Hals- usw.Heilk.40, S.249 (1937).
- derselbe: Geräuschaudiometrische Diagnostik. Die Absolutauswertung. Arch. Ohr- usw.Heilk. und Z.Hals- usw.Heilk.158, S.458 (1950).
- derselbe: Leitfaden der praktischen Audiometrie. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1956.
- Lorente de No, R. : Anatomy of the eighth nerve. Laryngoscope 43, S.1-16 und 327-350 (1933).
- Luis, P., Sanchez - Longo und Francis M.Forster:
Clinical Significance of Impairment of Sound Localization. Arch.of Neurology 1958, 119-126.
- Lüscher, E. : Zerebrale Hör- und Vestibularisstörungen. Lehrbuch der Ohrenheilkunde. Springer Verlag Wien 1952, S.362 ff.
- Matzker, J. : Elektroakustischer Nachweis diotischer Schwebungen und daraus sich ergebende Folgerungen für die Theorie des zentralen Hörens. Acta oto-laryng.(Stockh.) 44, S.222-228 (1954).
- derselbe: Untersuchungen über die zentrale Synthese differenter Schallbilder beider Ohren. Z.Laryng.33, S.296-304 (1954).
- derselbe: Untersuchungen über monaurales und binaurales Sukzessivhören bei verschiedenen Frequenzen. Z.Laryng.33, S.546-551 (1954).
- derselbe: Untersuchungen über die zentrale Tonhöhenwahrnehmung. Z. Laryng.33, S.625-630 (1954).
- derselbe: Untersuchungen über die Lautstärkenübermittlung. Arch.Ohr- usw. Heilk.und Z.Hals- usw.Heilk.167, S.307-313 (1955).
- derselbe: Messungen über das Hören der eigenen Stimme. Z.Laryng.34, S.49-60 (1955).
- derselbe: Zentrale Sprachaudiometrie. Arch.Ohr- usw.Heilk. u.Z.Hals- usw.Heilk.169, S.373-374 (1956).
- derselbe: Der Wert akustischer Schwebungen für Hörtheorie und Praxis. Vortrag vor der Med.Gesellschaft in Mainz am 23.11.1956.
- derselbe: Ein neuer Weg zur otologischen Diagnostik zerebraler Erkrankungen. Z.Laryng.36, S.117-189 (1957).

- Matzker, J. : Beruht die Altersschwerhörigkeit auf peripheren oder zentralen Veränderungen? Arch. Ohr- usw. Heilk. und Z. Hals- usw. Heilk. 171, S. 371-373 (1958).
- derselbe: Modell der synaptischen Schaltung in den Hirnstammkernen der Hörbahnen. Z. Laryng. 37, S. 167-173 (1958).
- derselbe: Binauraler Hörsynthese-Test. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1958.
- Matzker, J. und J. Ruckes: Die Diagnostik morphologisch nachweisbarer Hirnstammerkrankungen durch einen neuartigen Hörtest. Dtsch. Medizin. Wschr. 1957, S. 2187-2194.
- Matzker, J. und E. Springborn: Richtungshören und Lebensalter. Z. Laryng. (in Vorbereitung).
- Menzio, P. : Clin. Otorinolaringol, Univ., Torino Giorn, Accad. Med. Torino 118, 3-8 (1955).
- derselbe: Proc. of 5. Internat. Congr. of Oto-Rhino-Laryng., 1955, 416-421.
- Meyer zum Gottesberge, A. : Arch. - usw. Heilk. 147, S. 219 (1940).
- derselbe: Über Ohrgeräusche, Jahresversammlung d. Gesellschaft Deutscher HNO-Ärzte in Bad-Harzburg 1956.
- Monje, M. : Z. Sinnesphysiol. 66, S. 7-22, (1935/36).
- Neff, W. D. : Neural mechanism of hearing: Some experimental studies of auditory nervous system. Laryngoscope 61 S. 289-295 (1951).
- derselbe: Behavioral studies of auditory discrimination. Annals of Otolog. (St. Louis 66, S. 505-513 (1957).
- Peterson, E. : Der Binauraltest nach Matzker bei raumfordernden endokrinen Prozessen. Diss. Mainz 1957.
- Pietrantoni, L., M. Arslan et al. : L'orecchio senile. Giornale di Gerontologia, Suppl. X (1956).
- Piquet, J. : Hörstörungen nach Schädeltraumen ohne offenbare Beteiligung des Ohres. Oto-laryng. Ges. zu Berlin am 29.1.1954. Zbl. HNO-Heilk. 49, S. 222.
- Ranke, O. F. : Physiologie des Gehörs. Springer-Verlag 1953.
- Rauch, M. : Mschr. Ohrenheilk. 56, H. 3 S. 176-181 (1922).

- Rejtö, A. : Mschr. Ohrenheilk. 65, S. 959 (1931).
- Rosée, Graf de : Z. Laryng. 32, S. 414 (1953).
- Rosenblith, W. A. : Electrical responses from the auditory nervous system. Annals of Otol. (St. Louis) 63, S. 839-860 (1954).
- Ruckes, J. : Über morphologische Befunde im Gebiet der Pons und des 4. Ventrikels bei Affektionen des Großhirns. Virchow Archiv 328, S. 157-164 (1956).
- derselbe : Zur Frage geburts-traumatischer Hirnschädigung. Z. Geburtshilfe u. Gynäkologie 147, S. 332-339 (1956).
- Ruf : Untersuchungen über zentrale Hörstörungen. Z. Hals- usw. Heilk. 36, S. 240-243 (1934).
- Schubert, K. und F. Panse : Audiologische Befunde sensorischer Aphasie. Arch. Ohr- usw. Heilk. u. Z. Hals- usw. Heilk. 164, S. 22-40 (1953).
- Schwarzkopf, J. : Physiol. 32, S. 319-327 (1950).
- derselbe : Physiol. 34, S. 46-48 (1952).
- Schober, F. W. : Akustische Beil. 1952 S. 219-224.
- Siebemann, F. : Über die zentrale Hörbahn und über ihre Schädigung durch Geschwülste des Mittelhirns, speziell der Vierhügelgegend und der Haube. Z. f. Ohrenheilk. 29, S. 28-91 (1896).
- Stevens, S. S. und H. Davis : Hearing. Its psychology and physiology. John Wiley & Sons, New York, 4. Auflage 1954.
- dieselben : Psychophysiological acoustics: Pitch and loudness. J. Acoust. Soc. Amer. 8, 1 (1936) (116, 117, 123).
- Stevens, S. S. : The relation of pitch to intensity. J. Acoust. Soc. Amer. 6, 150 (1935). (94).
- derselbe : On hearing by electrical stimulation. J. Acoust. Soc. Amer. 8, 191 (1937). (62).
- Stevens, S. S. and R. C. Jones : The mechanism of hearing by electrical stimulation. J. Acoust. Soc. Amer. 10, 261 (1939). (62).
- v. Stockert, F. G. : Zentrale Hörstörungen. Fortschr. d. Neurol. Psychiatrie 22, S. 457-472 (1954).

- Stöhr, Ph. : Z. Anat. 63, S. 562 (1922).
- Tifanow, P. I. : Vestn. Otol. t. d. Nr. 4, S. 76-81, (1939), (russ.)
- Trimble, O. C. : Psychologie. Rev. 35, S. 515 (1928).
- derselbe : Amer. J. Psychol. 41, S. 564 (1929).
- derselbe : Amer. J. Physiol. 43, S. 638 (1931).
- Tunturi, R. : Effects of lesions of the auditory and adjacent cortex on conditioned reflexes. Amer. J. Physiol. 181, 225-229 (1955).
- Upton und Morgan : Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 22, S. 417-420 (1936).
- Veits, C. : Z. Hals- usw. Heilk. 14, H. 1/2 S. 269-296 (1926).
- derselbe : Z. Hals- usw. Heilk. 39, S. 64 (1936).
- Veil, W. und A. Sturm : Pathologie des Stammhirns. 2. Auflage, Jena 1946.
- Wallach, H. : Psychol. Forsch. 22, S. 238-266 (1936).
- derselbe : J. of exper. Psychol. 27, S. 339-368 (1940).
- Whitfield, I. C. : Elektrophysiology of the central auditory pathway. Brit. Med. Bull. 12, S. 105-109 (1956).
- Wildhagen, F. K. : Der Wert des Audiogrammes bei zentralen Hörstörungen. Arch. Ohr- usw. Heilk. und Z. Hals- usw. Heilk. 166, S. 59-66 (1954).
- Young, R. C. : Binaural vs. monaural sensibility of the human ear to small differences in frequency. Amer. J. Psychol. 37, S. 313 (1926).
- Zangemeister, H. E. : Innenohr- und zentrale Schwerhörigkeit. Audiologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1954, S. 107.

SCHLUSSWORT

Ich möchte nicht versäumen, dem Herrn Dekan Prof. Dr. Leicher, Direktor der Universitäts-Hals-Nasen-Ohren-Klinik für die wohlwollende Förderung und die Übernahme des Korreferates zu danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. Matzker für die Überlassung des Themas, für die tatkräftige Unterstützung und für die Übernahme des Referates.

Herrn Prof. Dr. Schürmann, Leiter der Neurochirurgischen Abteilung der Chirurgischen Universitätsklinik (Direktor: Prof. Dr. Brandt), danke ich für die Zuweisung der Patienten und die Überlassung der Krankengeschichten.

Weiterhin fühle ich mich Herrn Dr. Fischer und seinen Mitarbeitern, den Herrn Dr. Endres, Ing. Heyse und Geipel vom Fernmeldetechnischen Zentralamt der Bundespost in Darmstadt, für ihre wertvolle Unterstützung und Beratung in den technischen Angelegenheiten der Untersuchungsmethode zu Dank verpflichtet.

LEBENS LAUF

Ich, Heinrich Welker, wurde am 8.3.1934 als Sohn des Volksschullehrers Philipp Welker und dessen Ehefrau Maria, geb. Lied, in Nack, Kreis Alzey/Rheinhausen, geboren.

Nach vierjährigem Besuch der Volksschule in Neu-Bamberg, Kreis Alzey, trat ich Ostern 1944 in die Oberschule zu Wöllstein/Rheinhausen ein. Nach zweijährigem Besuch dieser Anstalt wechselte ich in das Gymnasium zu Bad-Kreuznach über.

Ab Februar 1947 besuchte ich das neusprachliche und naturwissenschaftliche Gymnasium in Alzey, das ich Ostern 1953 mit dem Zeugnis der Reife verließ.

Im Sommersemester 1953 begann ich an der Universität in Mainz das Studium der Medizin. Während der beiden folgenden Semester war ich in der philosophischen Fakultät immatrikuliert, um Vorlesungen in Germanistik, Anglistik und Geographie zu hören.

Ab Wintersemester 1954/55 widmete ich mich ausschließlich dem Studium der Medizin.

Nach dem Sommersemester 1956 bestand ich das Physikum an der Johannes Gutenberg-Universität, wo ich auch mein erstes klinisches Semester absolvierte.

In den nächsten beiden Semestern setzte ich mein Studium an der Ludwig-Maximilian Universität in München fort.

Zu Beginn des Sommersemesters 1958 kehrte ich nach Mainz zurück und beabsichtige, nach dem Sommersemester 1959 hier mein Staatsexamen abzulegen.

Gedruckt bei Ditters Bürodienst, Mainz, Augustinerstraße 64-66.

